

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2002年 4月15日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-112643  
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP 2002-112643]

出願人 古河電気工業株式会社  
Applicant(s):

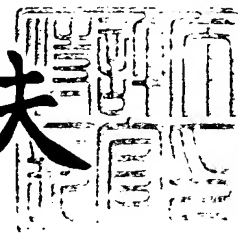
BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 1月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 A11134  
【提出日】 平成14年 4月15日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 5/00  
H01S 3/18  
H04B 10/16

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 木村 俊雄

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 中江 将士

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 吉田 順自

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 愛清 武

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-201513

【出願日】 平成13年 7月 2日

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-304435

【出願日】 平成13年 9月28日

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-325706

【出願日】 平成13年10月23日

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールを用いた光ファイバ増幅器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層上に配置された第 1 の電極とを少なくとも有し、第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層上に配置された第 2 の電極とを少なくとも有し、第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、

前記第 1 のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない第 1 の非電流注入領域を有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記第 2 のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない第 2 の非電流注入領域をさらに有し、該第 2 の非電流注入領域の面積と、前記第 1 の非電流注入領域の面積とが相違することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記第 1 のストライプ構造上面の他の領域上のみに前記第 1 の電極を配置することで前記第 1 の非電流注入領域を形成することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に配置された第 1 のスペーサ層と、

前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に配置された第 2 のスペーサ層と、  
前記第 1 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 1 の回折格子と、

前記第 2 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記第 1 の回折格子は、前記第 1 の非電流注入領域下部に配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層上に配置された第 1 の電極とを少なくとも有し、第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層上に配置された第 2 の電極とを少なくとも有し、第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、

を備え、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間の熱伝導効率と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間の熱伝導効率とが相違することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記第 1 の活性層近傍に配置された第 1 の回折格子を有し、前記第 1 のレーザ光が特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備え、

前記第 2 の活性層の近傍に配置された第 2 の回折格子を有し、前記第 2 のレーザ光が特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記第 1 のストライプ構造の水平方向の幅と、前記第 2 のストライプ構造の水平方向の幅とが相違することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間の距離と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間の距離とが相違することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】 前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に積層された第 1 のクラッド層と、

前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に積層された第 2 のクラッド層と、  
をさらに備え、前記第 1 のクラッド層の膜厚と、前記第 2 のクラッド層の膜厚とが相違することを特徴とする請求項 9 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 11】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層近傍に配置された第 1 の回折格子とを有し、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えた第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層近傍に配置され、前記第 1 の回折格子と異なる構造を有する第 2 の回折格子とを有し、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えた第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、

を備え、前記第 1 の回折格子によって選択される中心波長と、前記第 2 の回折格子によって選択される中心波長とが相違することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 2】 前記第 1 の回折格子の周期と、前記第 2 の回折格子の周期が相違することで中心波長が相違することを特徴とする請求項 1 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 3】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層近傍に配置され、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層近傍に配置され、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造と、

を備え、前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、1.5 nm 以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 4】 前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、3 nm 以上であることを特徴とする請求項 1 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 5】 前記第 2 のレーザ光の中心波長は、前記第 1 のレーザ光の中心波長よりも短波長側に位置し、

前記第 1 のレーザ光において、最大強度との差分値が 10 dB 以下の発振縦モードの最小波長に対応する周波数と、前記第 2 のレーザ光において、最大強度との差分値が 10 dB 以下の発振縦モードの最大波長に対応する周波数との差分値が、使用される光通信システムの電氣的周波数帯域幅よりも大きいことを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 6】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造と、

を備え、前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、 $0.01\text{ nm}$ 以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 7】 半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、

前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造と、

を備え、前記第 1 のレーザ光において最大強度との差が  $3\text{ dB}$  以下のすべての発振縦モードの波長と、前記第 2 のレーザ光において最大強度との差が  $3\text{ dB}$  以下のすべての発振縦モードの波長との差分値は、 $0.01\text{ nm}$ 以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 1 8】 前記差分値は、前記第 1 のレーザ光において隣接する発振縦モード間の波長間隔の半値の奇数倍にほぼ等しいことを特徴とする請求項 1 6 または 1 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 9】 前記差分値は、 $0.1\text{ nm}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 6 ～ 1 8 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 0】 前記第 1 のレーザ光に含まれる複数の発振縦モードで形成される発振波長スペクトルと、前記第 2 のレーザ光に含まれる複数の発振縦モードで形成される発振波長スペクトルとが、最大強度との差分値が  $3\text{ dB}$  以下となる範囲で互いに交差しないことを特徴とする請求項 1 6 ～ 1 9 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一つに記載された半導体レーザ

装置と、

該半導体レーザ装置から出射された前記第1のレーザ光と前記第2のレーザ光とが入射され、前記第1のレーザ光と前記第2のレーザ光との間隔を広げるように分離させる第1レンズと、

該第1レンズを通過した前記第1のレーザ光と前記第2のレーザ光のいずれか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、

前記第1レンズまたは前記偏光回転手段からの前記第1のレーザ光が入射される第1のポートと、前記偏光回転手段または前記第1レンズからの前記第2のレーザ光が入射される第2のポートと、前記第1のポートから入射される第1のレーザ光と前記第2のポートから入射される第2のレーザ光とが合波されて出射される第3のポートとを有する偏波合成手段と、

該偏波合成手段の前記第3のポートから出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、

を有することを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項22】 請求項1～20のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置あるいは請求項21に記載の半導体レーザモジュールを用いた励起光源と、

信号光と励起光とを合成するためのカプラと、

ラマン増幅により光を増幅する増幅用光ファイバと、

を備えたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、2本のストライプ構造を有する半導体レーザ装置、半導体レーザモジュール、およびこれらを用いた光ファイバ増幅器に関し、特に、偏光度が小さく、長距離伝送によってもビートノイズが発生せず、高出力動作を可能とする半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよびこれを用いた光ファイバ増幅器に関する。

##### 【0002】



**【従来の技術】**

従来、たとえばラマン増幅を用いた光ファイバ増幅器において、複数の半導体レーザ装置を励起光源として用いることにより、高出力の励起光源を実現し、これを用いて高利得の光ファイバ増幅器を実現できることが知られている。ラマン増幅においては、信号光と励起光の偏波方向が一致している状態で信号光が増幅されるので、信号光と励起光との偏光面のずれの影響を極力小さくする必要がある。そのため、励起光の偏波を解消（非偏光化：デポラライズ）して、偏光度（DOP: Degree Of Polarization）を低減させることがおこなわれている。

**【0003】**

図25は、WDM通信システムに用いられる従来のラマン増幅器の構成の一例を示すブロック図である。図25において、ファブリペロー型の半導体発光素子180a～180dとファイバグレーティング181a～181dとがそれぞれ対となった半導体レーザモジュール182a～182dは、励起光のもとになるレーザ光を偏波合成カップラ161a, 161bに出力する。各半導体レーザモジュール182a, 182bが出力するレーザ光の波長は同じであるが、偏波合成カップラ161aによって異なる偏波面をもった光として合成している。同様にして、各半導体レーザモジュール182c, 182dが出力するレーザ光の波長は同じであるが、偏波合成カップラ161bによって異なる偏波面をもった光を合成している。偏波合成カップラ161a, 161bは、それぞれ偏波合成したレーザ光をWDMカップラ162に出力する。なお、偏波合成カップラ161a, 161bから出力されるレーザ光の波長は異なる。

**【0004】**

WDMカップラ162は、偏波合成カップラ161a, 161bから出力されたレーザ光を合波し、アイソレータ160とWDMカップラ165を介し、励起光として増幅用ファイバ164に出力する。この励起光が入力された増幅用ファイバ164には、増幅対象の信号光が、信号光入力ファイバ169からアイソレータ163を介して入力され、励起光と合波してラマン増幅される。

**【0005】**

なお、偏波合成されるレーザ光がそれぞれ異なる半導体素子から出射されるこ

とすると光ファイバ増幅器の製造工程が複雑化し、光ファイバ増幅器のサイズも大型化するという問題が生じる。したがって、同一半導体基板上に2つの発光領域を有する半導体レーザ装置を利用してラマン増幅器を構成する手法が提案されている。この場合、製造工程は簡略となり、また、同一基板上に複数のストライプを構成するため、半導体レーザ装置そのものを小型化することができる。

#### 【0 0 0 6】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、2本のストライプを有する半導体レーザ装置（以下、「Wストライプレーザ」と言う）では、互いのストライプは、 $100\mu\text{m}$ 以下、たとえば $40\mu\text{m}$ 程度のきわめて近接した位置に互いに平行に形成され、共通の劈開面によって半導体レーザ装置の共振器が形成される。したがって、互いのストライプは物理的にほぼ同一の構造を有し、共振器長も厳密に一致する。また、各ストライプが近接した位置に形成されるため、活性層の温度もほぼ同一となり、出射されるレーザ光の中心波長ならびに複数の発振縦モードの間隔が一致する。このように異なるストライプから出射されるレーザ光が互いに重なり合う状態となった場合、偏波合成する際にDOPを低減することができないという問題が生じる。この問題は、Wストライプレーザにおいて顕著に生じるが、同一基板上に各ストライプを形成した場合のみならず、異なる基板上に各ストライプを形成した場合にも生じうる。これは、偏波合成される2つのレーザ光の発振縦モード同士が重なった場合は、特に各発振縦モードの線幅が狭い場合において、合成される量発振縦モード間の位相差の揺らぎが小さくなり、合成された光が位相差に応じた偏光状態が発現するためであると考えられる。

#### 【0 0 0 7】

また、偏波合成されるレーザ光の間で発振縦モードが近接することにより、別の問題も生じる。一般に、各ストライプから出射されたレーザ光が偏波合成された直後には異なる偏波成分間で互いに干渉しない。しかし、光ファイバ中を長距離に渡って伝送するに従って直交偏波成分の混合が起こる結果、長距離伝送したレーザ光について相対雑音強度（RIN:Relative Intensity Noise）スペクトルを測定すると、図26に示したように、 $11\text{GHz}$ 付近でビートノイズに対応

するピークが現れる。特に、ラマン増幅は、非常に早いタイムスケールで起こる非線形光学過程でWストライプレーザを励起光源として使用した結果、ビートノイズに起因した図26に示すようなノイズが発生すると、信号光のノイズとしてあらわれることで信号伝送に支障を来すこととなる。

#### 【0008】

本発明は、従来技術の上記欠点に鑑みてなされたものであり、ラマン増幅器などの励起用光源に適し、偏光度が小さく、長距離伝送によってもビートノイズが発生しない半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールを実現するとともに、これを用いた信号光の偏波方向に依存しない安定かつ高利得増幅を可能とする光ファイバ増幅器を提供することを目的とする。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第1の活性層と、該第1の活性層上に配置された第1の電極とを少なくとも有し、第1のレーザ光を出射する第1のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第2の活性層と、該第2の活性層上に積層された第2の電極とを少なくとも有し、第2のレーザ光を出射する第2のストライプ構造と、前記第1のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない非電流注入領域を有することを特徴とする。

#### 【0010】

この請求項1の発明によれば、Wストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造上面に非電流注入領域を有することとしたため、双方のストライプ構造における共振器長が実効的に異なるものとなり、第1のレーザ光と第2のレーザ光の発振縦モード間隔および出射波長を異ならせることができる。

#### 【0011】

また、請求項2にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第2のストライプ構造上面の一部領域上に形成された、注入電流が流入しない第2の非電流注入領域をさらに有し、該第2の非電流注入領域の面積と、前記第1の非

電流注入領域の面積とが相違することを特徴とする。

【0 0 1 2】

この請求項 2 の発明によれば、第 1 のストライプおよび第 2 のストライプ双方に異なる面積の非電流注入領域を設けることとしたため、双方のストライプ構造におけるレーザ光の出射波長を異ならせることができる。

【0 0 1 3】

また、請求項 3 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 のストライプ構造上面の他の領域上のみに前記第 1 の電極を配置することで前記非電流注入領域を形成することを特徴とする。

【0 0 1 4】

この請求項 3 の発明によれば、電極を配置しない領域を設けることにより非電流注入領域を形成することとしたため、簡易に非電流注入領域を形成することができる。

【0 0 1 5】

また、請求項 4 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に配置された第 1 のスペーサ層と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に配置された第 2 のスペーサ層と、前記第 1 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 1 の回折格子と、前記第 2 のスペーサ層の一部領域に配置され、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えたレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを有することを特徴とする。

【0 0 1 6】

この請求項 4 の発明によれば、回折格子を備えたことで所定の中心波長を有し、複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択できるとともに、非電流注入領域を有することで第 1 のストライプ構造と第 2 のストライプ構造とで異なる中心波長を選択できるとともに、異なる発振縦モード間隔のレーザ発振を実現することができる。

【0 0 1 7】

また、請求項 5 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1

の回折格子は、前記第 1 の非電流注入領域下部に配置されていることを特徴とする。

#### 【0 0 1 8】

この請求項 5 の発明によれば、第 1 の回折格子が非電流注入領域下部に配置されていることにより第 1 の回折格子には注入電流が流入せず、屈折率変化も起こらないことから選択する中心波長の変化を小さくすることができる。

#### 【0 0 1 9】

また、請求項 6 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層上に配置された第 1 の電極とを少なくとも有し、第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層上に配置された第 2 の電極とを少なくとも有し、第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造と、を備え、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間の熱伝導効率と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間の熱伝導効率とが相違することを特徴とする。

#### 【0 0 2 0】

この請求項 6 の発明によれば、熱伝導効率が相違することとしたため、第 1 の活性層の温度と第 2 の活性層の温度が相違し、第 1 のレーザ光の中心波長と第 2 のレーザ光の中心波長を変化させることができる。

#### 【0 0 2 1】

また、請求項 7 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の活性層近傍に配置された第 1 の回折格子を有し、前記第 1 のレーザ光が特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備え、前記第 2 の活性層の近傍に配置された第 2 の回折格子を有し、前記第 2 のレーザ光が特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えることを特徴とする。

#### 【0 0 2 2】

この請求項 7 の発明によれば、回折格子を備えたことで、異なる特定の波長を有し、複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光および第 2 のレーザ光を出射することができる。

**【 0 0 2 3 】**

また、請求項 8 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 のストライプ構造の水平方向の幅と、前記第 2 のストライプ構造の水平方向の幅とが相違することを特徴とする。

**【 0 0 2 4 】**

この請求項 8 の発明によれば、ストライプ構造の水平方向の幅を異なることとしたため、第 1 のストライプと第 2 のストライプにおける熱伝導効率を異なる値とすることができる。

**【 0 0 2 5 】**

また、請求項 9 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間の距離と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間の距離とが相違することを特徴とする。

**【 0 0 2 6 】**

この請求項 9 の発明によれば、活性層と電極との間を第 1 のストライプと第 2 のストライプとで変化させることで、熱伝導効率を異なる値とすることができる。

**【 0 0 2 7 】**

また、請求項 1 0 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の活性層と前記第 1 の電極との間に積層された第 1 のクラッド層と、前記第 2 の活性層と前記第 2 の電極との間に積層された第 2 のクラッド層とをさらに備え、前記第 1 のクラッド層の膜厚と、前記第 2 のクラッド層の膜厚とが相違することを特徴とする。

**【 0 0 2 8 】**

この請求項 1 0 の発明によれば、クラッド層の膜厚を異なるものとする事で、活性層と電極との間の距離を変化させることができ、熱伝導効率を異なる値とすることができる。

**【 0 0 2 9 】**

また、請求項 1 1 にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層近傍に配置された第 1 の回折格子とを

有し、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えた第 1 のレーザ光を出射する第 1 のストライプ構造と前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層近傍に配置され、前記第 1 の回折格子と異なる構造を有する第 2 の回折格子とを有し、特定の中心波長を有する複数の発振縦モードを備えた第 2 のレーザ光を出射する第 2 のストライプ構造とを備え、前記第 1 の回折格子によって選択される中心波長と、前記第 2 の回折格子によって選択される中心波長とが相違することを特徴とする。

#### 【0 0 3 0】

この請求項 1 1 の発明によれば、回折格子の構造を異なるものとする事で、第 1 のストライプで選択する中心波長および発振縦モード間隔と、第 2 のストライプで選択する中心波長および発振縦モード間隔を異なる値とすることができる。

#### 【0 0 3 1】

また、請求項 1 2 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 の回折格子の周期と、前記第 2 の回折格子の周期が相違することで中心波長が相違することを特徴とする。

#### 【0 0 3 2】

この請求項 1 2 の発明によれば、回折格子の周期を異ならせることで、中心波長および発振縦モード間隔をストライプごとに異なる値とすることができる。

#### 【0 0 3 3】

また、請求項 1 3 にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、該第 1 の活性層近傍に配置され、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、該第 2 の活性層近傍に配置され、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造とを備え、前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、1.5 nm 以上であることを特徴とする。

#### 【0 0 3 4】

この請求項 1 3 の発明によれば、中心波長差を 1 . 5 n m 以上とすることで、ビートノイズの発生を抑制し、発生しても使用する光通信システムの周波数帯以外の周波数で発生させることができる。

#### 【 0 0 3 5 】

また、請求項 1 4 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、3 n m 以上であることを特徴とする。

#### 【 0 0 3 6 】

この請求項 1 4 の発明によれば、中心波長差を 3 n m 以上とすることで、ビートノイズの発生を抑制し、発生しても使用する光通信システムの周波数帯以外の周波数で発生させることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、請求項 1 5 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記第 2 のレーザ光の中心波長は、前記第 1 のレーザ光の中心波長よりも短波長側に位置し、前記第 1 のレーザ光において、最大強度との差分値が 1 0 d B 以下の発振縦モードの最小波長に対応する周波数と、前記第 2 のレーザ光において、最大強度との差分値が 1 0 d B 以下の発振縦モードの最大波長に対応する周波数との差分値が、使用される光通信システムの電氣的周波数帯域幅よりも大きいことを特徴とする。

#### 【 0 0 3 8 】

この請求項 1 5 の発明によれば、所定強度以上の発振縦モードについて、第 1 のレーザ光および第 2 のレーザ光が所定周波数以上の差を有することで、ビートノイズの発生を抑制し、発生したとしても使用する光通信システムの周波数帯以外の周波数で発生させることができる。

#### 【 0 0 3 9 】

また、請求項 1 6 にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、所定の中心波長および



複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造とを備え、前記第 1 のレーザ光の中心波長と、前記第 2 のレーザ光の中心波長との差分値は、0.01 nm 以上であることを特徴とする。

#### 【0040】

この請求項 16 の発明によれば、第 1 のレーザ光の中心波長と、第 2 のレーザ光の中心波長との差分値を 0.01 nm 以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、DOP を低減することができる。

#### 【0041】

また、請求項 17 にかかる半導体レーザ装置は、半導体基板の一部領域上に積層された第 1 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光を選択する第 1 の回折格子とを備えた第 1 のストライプ構造と、前記半導体基板の他の領域上に積層された第 2 の活性層と、所定の中心波長および複数の発振縦モードを有する第 2 のレーザ光を選択する第 2 の回折格子とを備えた第 2 のストライプ構造とを備え、前記第 1 のレーザ光において最大強度との差が 3 dB 以下のすべての発振縦モードの波長と前記第 2 のレーザ光において最大強度との差が 3 dB 以下のすべての発振縦モードの波長との差分値は、0.01 nm 以上であることを特徴とする。

#### 【0042】

この請求項 17 の発明によれば、所定強度以上のすべての発振縦モード同士について差分値を 0.01 nm 以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、DOP を低減することができる。

#### 【0043】

また、請求項 18 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記差分値は、前記第 1 のレーザ光において隣接する発振縦モード間の波長間隔の半値の奇数倍にほぼ等しいことを特徴とする。

#### 【0044】

この請求項 18 の発明によれば、差分値を発振縦モード間隔の半値の奇数倍としたため、一方のレーザ光の発振縦モードが他方のレーザ光の隣接する発振縦モ

ードの間に位置することとなり、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、DOPを低減することができる。

【0 0 4 5】

また、請求項 1 9 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記差分値は、0. 1 nm以上であることを特徴とする。

【0 0 4 6】

この請求項 1 9 の発明によれば、差分値を 0. 1 nm以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、DOPを低減することができる。

【0 0 4 7】

また、請求項 2 0 にかかる半導体レーザ光源は、上記の発明において、前記第 1 のレーザ光に含まれる複数の発振縦モードで形成される発振波長スペクトルと、前記第 2 のレーザ光に含まれる複数の発振縦モードで形成される発振波長スペクトルとが、最大光強度との差分値が 3 dB以下となる範囲で互いに交差しないことを特徴とする。

【0 0 4 8】

この請求項 2 0 の発明によれば、2 つの発振波長スペクトルが、所定強度以上の部分で交差しないこととしたため、重なり合いが生じた場合でも重なり合う発振縦モードの強度が低くなり、DOPを低減することができる。

【0 0 4 9】

また、請求項 2 1 にかかる半導体レーザモジュールは、請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一つに記載された半導体レーザ装置と、該半導体レーザ装置から出射された前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光とが入射され、前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光との間隔を広げるように分離させる第 1 レンズと、該第 1 レンズを通過した前記第 1 のレーザ光と前記第 2 のレーザ光のいずれか一方のみが入射され、入射されたレーザ光の偏波面を所定の角度回転させる偏光回転手段と、前記第 1 レンズまたは前記偏光回転手段からの前記第 1 のレーザ光が入射される第 1 のポートと、前記偏光回転手段または前記第 1 レンズからの前記第 2 のレーザ光が入射される第 2 のポートと、前記第 1 のポートから入射される第 1 のレーザ光と前記第 2 のポートから入射される第 2 のレーザ光とが合波されて出射さ

れる第 3 のポートとを有する偏波合成手段と、該偏波合成手段の前記第 3 のポートか裸出射されるレーザ光を受光し外部に送出する光ファイバと、を有することを特徴とする。

#### 【0 0 5 0】

この請求項 2 1 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置から出射される第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光を偏波合成して光ファイバに出力することにより、DOP が低減されたレーザ光を出射することができる。

#### 【0 0 5 1】

また、請求項 2 2 にかかる光ファイバ増幅器は、請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置あるいは請求項 2 1 に記載の半導体レーザモジュールを用いた励起光源と、信号光と励起光とを合成するためのカップラと、ラマン増幅により光を増幅する増幅用光ファイバとを備えたことを特徴とする。

#### 【0 0 5 2】

この請求項 2 2 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置、半導体レーザ光源もしくは半導体レーザモジュールを使用することとしたため、DOP が低減されたレーザ光を励起光として使用した光ファイバ増幅器を提供することができる。

#### 【0 0 5 3】

##### 【発明の実施の形態】

以下に図面を参照して、本発明にかかる半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよび光ファイバ増幅器の好適な実施の形態について説明する。図面の記載において同一または類似部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、層の厚みと幅との関係、各層の厚みの比率などは現実のものとは異なることに留意する必要がある。また、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

#### 【0 0 5 4】

##### 実施の形態 1.

まず、この発明の実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置について、説明する。図 1 は、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の正面断面図を示し、図 2 は

、図1におけるA-A線断面図を示し、図3は、図1におけるB-B線断面図を示す。

#### 【0055】

本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、図1に示すように、 $n$ -InP基板1上に $n$ -InPクラッド層2が積層されている。また、図1におけるA-A線上においては下部GRIN-SCH層3a、活性層4a、上部GRIN-SCH層5aがメサ状に積層されている。これらを総称してストライプ15とする。同様に、B-B線上には下部GRIN-SCH層3b、活性層4b、上部GRIN-SCH層5bがメサ状に積層されている。これらを総称してストライプ16とする。ストライプ15とストライプ16は空間的に分離されており、ストライプ15、ストライプ16以外の部分には $n$ -InPクラッド層2上に $p$ -InPブロッキング層9、 $n$ -InPブロッキング層10が順に積層され、注入電流がストライプ15およびストライプ16にのみ流入する構造となっている。また、上部GRIN-SCH層5a、5bおよび $n$ -InPブロッキング層10上には $p$ -InPクラッド層6が積層され、 $p$ -InPクラッド層6上には順に $p$ -InGaAsPコンタクト層7、 $p$ 側電極8が積層されている。また、 $n$ -InP基板1の下面には $n$ 側電極11が配置されている。

#### 【0056】

$n$ -InPクラッド層2は、バッファ層としての機能およびクラッド層としての機能を果たすためのものである。 $n$ -InPクラッド層2および $p$ -InPクラッド層6によってストライプ15、ストライプ16を上下から挟み込むことで本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置はダブルヘテロ構造を有し、キャリアを効果的に閉じ込めることで高い発光効率を有する。

#### 【0057】

活性層4a、4bは、たとえば、 $n$ -InP基板1に対する格子不整合率が0.5パーセントから1.5パーセントの範囲において圧縮歪み量子井戸構造を使用するのが、高出力化の観点から有利である。また、歪み量子井戸構造として、その障壁層を井戸層の歪みと反対の引っ張り歪みを導入してなる歪み補償構造とすれば、等価的に格子整合条件を満たすことができるため、井戸層の格子不整合

度に関しては上限を設けることは必要ではない。なお、ここでは井戸数が5であり、1パーセントの格子不整合率を有する圧縮量子井戸を用いた。

#### 【0058】

ストライプ15は下部GRIN-SCH層3a、活性層4a、上部GRIN-SCH層5aの積層構造からなり、いわゆるGRIN-SCH-MQW (Graded Index-Separate Confinement Hetero structure Multi Quantum Well: 分布屈折率分離閉じこめ多重量子井戸) 活性層を形成する。これにより、より効果的にキャリアを閉じ込めることが可能で、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置はダブルヘテロ構造とあわせて高い発光効率を有する。このことはストライプ16についてもあてはまる。

#### 【0059】

A-A線断面の構造は、図2に示す通りである。出射側端面(図2における右側端面)の全面において低反射膜13が配置され、反射側端面(図2における左側端面)の全面において高反射膜12が配置されている。また、p-InGaAsPコンタクト層7上には、全面に渡ってp側電極8aが配置されている。

#### 【0060】

高反射膜12は、反射率80パーセント以上、好ましくは98パーセント以上の光反射率を有する。一方、低反射膜13は、レーザ光出力の高出力動作のために共振器長に応じて最適化されるが、光反射率は5パーセント以下、望ましくは1パーセント程度の反射率を有する膜構造からなる。

#### 【0061】

B-B線断面の構造は、図3に示す通りである。出射側端面に低反射膜13が配置され、反射側端面において高反射膜12が配置された構造はA-A線断面と同様である。また、p-InGaAsPコンタクト層7上には、一部領域を除いてp側電極8bが配置されている。なお、図2および図3に示す各ストライプにおいて、共振器長はそれぞれ800 $\mu$ m～3200 $\mu$ m、より好ましくは1100 $\mu$ m～1550 $\mu$ mとする。

#### 【0062】

本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、p側電極8から電流が注入され

ることにより、ストライプ15、ストライプ16においてキャリアの発光再結合が生じる。これにより生じた光が高反射膜12および低反射膜13によって形成される共振器によって増幅され、誘導放出を生じることによりレーザ光が低反射膜13から出射される。

#### 【0063】

ここで、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ15とストライプ16において、実効的な共振器長が異なる。すなわち、ストライプ15におけるp側電極8aは、図2に示すようにp-InGaAsPコンタクト層7上に全面に渡って配置されている。一方、ストライプ16においては、p側電極8bは図3で示すように、p-InGaAsPコンタクト層7上に全面ではなく一部領域についてのみ配置されている。したがって、レーザ発振をおこなう際に注入される電流はストライプ16においてはp側電極8b下部に対してのみ流れ、p側電極8bが配置されていない領域の下部においては注入電流は流れない。

#### 【0064】

ここで、半導体単結晶における屈折率は、単結晶内部を流れる電流によって変化する。したがって、実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、レーザ発振時において、注入電流の存在のためにストライプ15、ストライプ16を構成する半導体単結晶の屈折率が変動する。

#### 【0065】

一方、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ15では全体に渡って注入電流が流入するのに対して、ストライプ16では一部領域には注入電流は流入しない。したがって、ストライプ15を構成する半導体単結晶は全体に渡って屈折率が変化するのに対して、ストライプ16は一部領域において屈折率の変化が起こらない。そのため、ストライプ15およびストライプ16は、物理的な共振器長は同一であるが、屈折率を加味した光路長においては相違することになる。半導体レーザ装置の発振波長および発振縦モード間隔は屈折率を加味した実効的な共振器長によって規定されるため、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置のストライプ15、ストライプ16から発振されるレーザ光の波長および発振縦モード間隔は、光路長の差に応じて異なることとなる。

## 【0066】

従来のWストライプ構造を有する半導体レーザ装置は、各ストライプの物理的な共振器長は等しく、かつ、注入電流も各ストライプにおいて均等に流入するように構成されていた。そのため、各ストライプから出射されるレーザ光の波長は完全に同一であった。一方、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置では、ストライプ15から出射されるレーザ光の波長とストライプ16から出射されるレーザ光の波長はわずかではあるが異なった値となる。したがって、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は従来のWストライプ構造を有する半導体レーザ装置と相違して、DOPを低減し、ビートノイズの発生を抑制することができる。

## 【0067】

実際に、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を励起光源としてラマン増幅器に使用した結果、信号光の偏波方向に関わらずほぼ一定の増幅利得を得ることが本願発明に関する発明者等によって確認されている。したがって、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、ラマン増幅器における励起光源に適したものであるといえることができる。

## 【0068】

また、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ15の構造とストライプ16はp側電極8a、8bを除けば同一構造からなる。したがって、本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置は、製造が容易であるという利点も有する。すなわち、非電流注入領域14の形成予定領域について電極を配置しない点が従来の半導体レーザ装置の製造方法と異なり、他の工程については全く同一におこなうことで本実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を製造することができる。したがって、従来の製造装置を用いて簡易に製造することができるという利点も有する。なお、非電流注入領域14への電流拡散防止をより確実にするために、この領域のコンタクト層を除去する方がより好ましい。

## 【0069】

次に、実施の形態1にかかる半導体レーザ装置の変形例について、説明する。図4は、実施の形態1の変形例である半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。この変形例では、ストライプ15とストライプ16との間に、p側電極

8 から  $n-I n P$  クラッド層 2 の深さにまで及ぶ分離溝 21 を形成し、その分離溝 21 の表面を絶縁膜 20 で被覆することにより、ストライプ 15 とストライプ 16 とを電氣的に分離することができる。このような半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起光源として使用した場合、2 つのストライプに供給する注入電流を独立に制御することが可能となり、偏波合成されたレーザ光について DOP を低減することがさらに容易となる。

#### 【0070】

なお、本実施の形態 1 では、ファブリペロー型の半導体レーザ装置について説明したが、DFB、DBR 等の波長選択手段を具備した半導体レーザ装置に対しても上記の構造を適用することが可能である。このような半導体レーザ装置を使用した場合、ラマン増幅器の励起光源に使用する際に波長選択のためのファイバグレーティングを使用しなくとも発振波長が安定化された光出力を得ることが可能となる。

#### 【0071】

また、本実施の形態 1 では、ストライプ 15 にのみ非電流注入領域 14 を設けた構造としているが、これ以外にも、ストライプ 15 およびストライプ 16 の双方に非電流注入領域を設ける構造としても良い。この場合、各ストライプに設けられた非電流注入領域の面積を異なるものとする事で、注入される電流値がストライプ 15 とストライプ 16 との間で相違し、異なる波長のレーザ光を出射することができる。

#### 【0072】

実施の形態 2.

次に、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置について説明する。実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置において、実施の形態 1 と同一の符号を付した部分については構造、機能ともに実施の形態 1 における対応部分と同様であるため説明を省略する。

#### 【0073】

図 5 は、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。図 5 に示すとおり、実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置は、ストライプ



18aにおいて上部GRIN-SCH層5a上にp-InPスペーサ層17aが積層され、ストライプ18bにおいて上部GRIN-SCH層5b上にp-InPスペーサ層17bが積層された構造を有する。

#### 【0074】

図6(a)は、図5におけるA-A線断面図を示す。これによると、実施の形態2にかかる半導体レーザ装置は、p-InPスペーサ層17a内の一部領域において回折格子23aが配置された構造を有する。また、図6(b)は、図5におけるB-B線断面図を示し、p-InPスペーサ層17b内の一部領域において回折格子23bが配置されていることを示す。

#### 【0075】

これら回折格子23a、23bは、p-InGaAsPによって構成されており、それぞれ膜厚20nm、レーザ出射方向(図6(a)、(b)における横方向)に50μmの長さを有する。また、各回折格子の周期は220nmで単一の周期を有する。そのため、中心波長1480nmの複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択することができる。

#### 【0076】

また、ストライプ18aにおいては図6(a)に示すとおりp側電極8aがp-InGaAsPコンタクト層7上に全面に渡って配置されており、ストライプ18bにおいては図6(b)に示すように、p側電極8bはp-InGaAsPコンタクト層7上の一部領域に配置されており、p側電極8bが配置されない領域は非電流注入領域14を形成する。そして、低反射膜13を1パーセント以下、好ましくは0.1パーセント以下とすることで、出射端面のファブリ・ペローモードの反射の影響を抑制している。

#### 【0077】

まず、本実施の形態2において、回折格子23a、23bを設けたことによる特徴について、図7、図8を用いて説明する。なお、簡単のため、ここでは本実施の形態2にかかる半導体レーザ装置はストライプ18aについてのみ注入電流が流入するものとする。

#### 【0078】

この実施の形態2における半導体レーザ装置は、ラマン増幅器の励起用光源として用いられることを前提とし、その発振波長 $\lambda_0$ は、1100nm～1550nmであり、共振器長Lは、800 $\mu$ m以上3200 $\mu$ m以下としている。ところで、一般に、半導体レーザ装置の共振器によって発生する縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、実効屈折率を「n」とすると、次式で表すことができる。すなわち、

$$\Delta\lambda = \lambda_0^2 / (2 \cdot n \cdot L) \cdots (1)$$

である。ここで、発振波長 $\lambda_0$ を1480nmとし、実効屈折率を3.5とすると、共振器長Lが800 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.39nmとなり、共振器長が3200 $\mu$ mのとき、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は、約0.1nmとなる。すなわち、共振器長Lを長くすればするほど、縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ は狭くなり、単一縦モードのレーザ光を発振するための選択条件が厳しくなる。

#### 【0079】

一方、本実施の形態2において、回折格子23aは、そのブラッグ波長によって縦モードを選択する。この回折格子23aによる選択波長特性は、図7に示す発振波長スペクトル30として表される。

#### 【0080】

図7に示すように、本実施の形態2では、回折格子を有した半導体レーザ装置による発振波長スペクトル30の半値幅 $\Delta\lambda_h$ で示される波長選択特性内に、発振縦モードを複数存在させるようにしている。従来のDFB (Distributed Feed back) 半導体レーザ装置では、共振器長Lを800 $\mu$ m以上とすると、単一縦モード発振が困難であったため、かかる共振器長Lを有した半導体レーザ装置は用いられなかった。しかしながら、この実施の形態2の半導体レーザ装置では、共振器長Lを積極的に800 $\mu$ m以上とすることによって、発振波長スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda_h$ 内に複数の発振縦モードを含ませてレーザ出力するようにしている。図7では、発振波長スペクトルの半値幅 $\Delta\lambda_h$ 内に3つの発振縦モード31～

33を有している。

#### 【0081】

複数の発振縦モードを有するレーザ光を用いると、単一縦モードのレーザ光を用いた場合に比して、レーザ出力のピーク値を抑えて、高いレーザ出力値を得ることができる。たとえば、この実施の形態2に示した半導体レーザ装置では、図8(b)に示すプロファイルを有し、低いピーク値で高レーザ出力を得ることができる。これに対し、図8(a)は、同じレーザ出力を得る場合の単一縦モード発振の半導体レーザ装置のプロファイルであり、高いピーク値を有している。

#### 【0082】

ここで、半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合、ラマン利得を大きくするために励起光出力パワーを増大することが好ましいが、そのピーク値が高いと、誘導ブリルアン散乱が発生し、雑音が増加するという不具合が発生する。誘導ブリルアン散乱の発生は、誘導ブリルアン散乱が発生する閾値 $P_{th}$ を有し、同じレーザ出力パワーを得る場合、図8(b)に示すように、複数の発振縦モードを持たせ、そのピーク値を抑えることによって、誘導ブリルアン散乱の閾値 $P_{th}$ 内で、高い励起光出力パワーを得ることができ、その結果、高いラマン利得を得ることが可能となる。

#### 【0083】

また、発振縦モード31～33の波長間隔（モード間隔） $\Delta\lambda$ は、0.1nm以上としている。これは、半導体レーザ装置をラマン増幅器の励起用光源として用いる場合、モード間隔 $\Delta\lambda$ が0.1nm以下であると、誘導ブリルアン散乱が発生する可能性が高くなるからである。この結果、上述したモード間隔 $\Delta\lambda$ の式によって、上述した共振器長 $L$ が3200 $\mu$ m以下であることが好ましいことになる。

#### 【0084】

このような観点から、発振波長スペクトル30の半値幅 $\Delta\lambda_h$ 内に含まれる発振縦モードの本数は、複数であることが望ましい。

#### 【0085】

ここで、発振波長スペクトル幅が広すぎると、波長合成カップラによる合波ロス

が大きくなるとともに、発振波長スペクトル幅内における波長の動きによって、雑音や利得変動を発生させることになる。このため、発振波長スペクトル 30 の半値幅  $\Delta \lambda_h$  は、3 nm 以下、好ましくは 2 nm 以下とする必要がある。

#### 【0086】

さらに、従来の半導体レーザ装置では、ファイバグレーティングを用いた半導体レーザモジュールとしていたため、ファイバグレーティングと光反射面との間の共振によって相対強度雑音 (RIN) が大きくなり、安定したラマン増幅を行うことができないが、この実施の形態 2 に示した半導体レーザ装置では、ファイバグレーティングを用いず、低反射膜 13 から出射したレーザ光をそのまま、ラマン増幅器の励起用光源として用いているため、相対強度雑音が小さくなり、その結果、ラマン利得の揺らぎが小さくなり、安定したラマン増幅を行わせることができる。

#### 【0087】

以上述べたように回折格子を設けることによる利点が多数存在するが、本実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置では、p 側電極 8a、8b の構造とあわせてさらに利点を有する。以下にこのことについて説明する。

#### 【0088】

既に上述したとおり、一般に半導体単結晶は内部を流れる電流によってその屈折率が変わる。ストライプ 18a は全面に渡って p 側電極 8a が配置されていることから、全域に渡って屈折率が変わる。回折格子 23a も例外ではなく、屈折率が変わるために光路長が変わり、実効的な周期も変わる。したがって、回折格子 23a によって選択される中心波長および縦モードは実際には 1480 nm から若干ずれた値となる。

#### 【0089】

一方で、ストライプ 18b は非電流注入領域 14 を有し、その下部には回折格子 23b が配置されている。したがって、注入電流は回折格子 23b に対して流入せず、回折格子 23b の屈折率は変化しないことから、選択する中心波長も 1480 nm のままである。このことから、ストライプ 18a で選択される複数の発振縦モードを有するレーザ光と、ストライプ 18b で選択される複数の発振縦

モードを有するレーザ光は、中心波長および縦モード間隔が異なるものとなる。したがって実施の形態1と同様に、DOPを十分低減し、ビートノイズの発生を抑制するためにラマン増幅器の励起光源として使用することが可能である。2つの異なる半導体レーザ装置を偏波合成する場合と比較して製造工程が簡易化し、装置を小型化することができるのも、実施の形態1と同様である。

#### 【0090】

実施の形態3.

次に、実施の形態3について説明する。実施の形態3にかかる半導体レーザ装置は、同一の半導体基板上に複数のストライプ構造を有し、この複数のストライプ構造について、水平方向の幅を相違させることによって各ストライプから出射されるレーザ光の波長を異なるものとしている。以下、図9を参照して具体的に説明する。

#### 【0091】

実施の形態3にかかる半導体レーザ装置は、同一のn-InP基板1上に下部GRIN-SCH層46a、活性層47a、上部GRIN-SCH層48a、p-InPスペーサ層49aを順次積層したストライプ50aと、下部GRIN-SCH層46b、活性層47b、上部GRIN-SCH層48b、p-InPスペーサ層49bを順次積層したストライプ50bとを有する。そして、ストライプ50aの水平方向の幅 $L_a$ と、ストライプ50bの水平方向の幅 $L_b$ について、 $L_a > L_b$ の関係が成立している。また、p-InPスペーサ層49a、49bには、実施の形態2と同様に所定の中心波長を有し、複数の発振縦モードを備える光を選択する回折格子が配置されている。なお、実施の形態1または2と同一もしくは類似の部分については、同一もしくは類似の符号を付し、同一若しくは類似の機能を果たすものとする。

#### 【0092】

本実施の形態3にかかる半導体レーザ装置は、水平方向に異なる幅を有するストライプ50a、50bを具備することで、各ストライプから出射されるレーザ光の中心波長を相違させている。以下、各ストライプから出射されるレーザ光の中心波長が相違する理由について説明する。

## 【0093】

一般に、半導体レーザ装置では、レーザ発振時に活性層において非発光再結合電流等に起因した熱が発生し、活性層近傍の温度が大きく上昇して出射レーザ光の特性に悪影響を与える。したがって、活性層の温度上昇をある程度抑制するために、使用時にはヒートシンクと上部電極が接触するいわゆるジャンクションダウン方式でヒートシンク上に半導体レーザ装置を固定し、発生した熱を逃がしている。

## 【0094】

本実施の形態3にかかる半導体レーザ装置も同じ理由から、使用時にはジャンクションダウン方式によって、p側電極8とヒートシンクを接触させて固定される。そのため、活性層47aで発生した熱は、上部GRIN-SCH層48a、p-InPスペーサ層49aおよびp-InPクラッド層6を経由してヒートシンクに放出される。また、活性層47bで発生した熱は、上部GRIN-SCH層48b、p-InPスペーサ層49bおよびp-InPクラッド層6を経由してヒートシンクに放出される。すなわち、活性層47a、47bで発生した熱は、それぞれストライプ50a、50bおよびこれらの上部領域が熱伝導路として機能することで外部に放出される。

## 【0095】

一般に、熱伝導効率は、熱伝導路の断面積に比例して増大することが知られている。本実施の形態3において、ストライプ50a、50bはその幅La、Lbが相違するために断面積が異なり、それぞれの熱伝導路の熱伝導効率は異なることとなる。そのため、本実施の形態3において、レーザ発振時には活性層47a近傍の温度と、活性層47b近傍の温度は異なる値となる。

## 【0096】

ここで、ストライプ50a、50bを構成する半導体単結晶の屈折率は、一般に温度に比例して変化することが知られている。そのため、出射波長を選択するためにp-InPスペーサ層49a、49b内に配置された回折格子の屈折率も相違して、その光路長についても変化する。したがって、ストライプ50aから出射されるレーザ光と、ストライプ50bから出射されるレーザ光とは、温度差

に起因して中心波長が異なることとなる。各ストライプから出射されるレーザ光の中心波長が異なることで、実施の形態1の場合と同様に、DOPを低減することができる。

#### 【0097】

また、水平方向の幅が異なることで、注入電流に対する電気抵抗値が変化するという利点も有する。すなわち、電気抵抗は断面積に反比例するため、幅が異なるストライプ50a、50bの電気抵抗値は異なる値となる。そのため、活性層47aに流入する電流の値と、活性層47bに流入する電流の値が相違し、実施の形態1と同様の理由で中心波長が異なることとなる。また、流入する電流の値が異なることで、活性層47a、47bで発生する熱が異なり、活性層47a、47bの温度が異なり、中心波長が異なることとなる。

#### 【0098】

なお、本実施の形態3では、各ストライプに波長選択のための回折格子を有する構造としたが、実施の形態1の場合と同様に、ファブリペロー共振器によって波長選択をおこなう構造としても良い。この場合、共振器を構成する半導体単結晶の屈折率の変化のみならず、活性層の禁制帯幅も温度に依存するため、温度に対する波長変化の割合は、回折格子を設けた場合よりも大きくなる。

#### 【0099】

なお、本実施の形態3では、半導体レーザ装置がジャンクションダウン方式でヒートシンク上に固定される場合を説明したが、本実施の形態3にかかる半導体レーザ装置は、n側電極11とヒートシンクとが接触した状態で固定する場合にも有効である。この場合でも、活性層47a、47bで発生した熱は、ストライプ50a、50bおよびその下部領域が熱伝導路として機能することで、ヒートシンクに放出される。したがって、幅Laと幅Lbとが相違することで、熱伝導路の熱伝導効率が相違し、ストライプ50aから出射されるレーザ光と、ストライプ50bから出射されるレーザ光の波長が異なり、DOPを低減すると共にビートノイズの発生を抑制することができる。

#### 【0100】

変形例。

次に、実施の形態 3 の変形例にかかる半導体レーザ装置について説明する。図 10 は、変形例にかかる半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。図 10 にも示すように、変形例にかかる半導体レーザ装置は、 $p$ - $InP$  クラッド層 51 の膜厚を異ならせることによって熱伝導効率を変化させている。

#### 【0101】

実施の形態 3 では、熱伝導路の断面積を変化させることで熱伝導効率を変化させているが、断面積が等しい場合、熱伝導路の長さを変化させることによっても熱伝導効率は変化する。 $p$ - $InP$  クラッド層 51 の膜厚を各ストライプ上部で異なるように構成することで、レーザ発振時に活性層 47a 近傍の温度および活性層 48a 近傍の温度が相違し、出射波長も相違することで DOP を低減し、ビートノイズの発生を抑制することがすることができる。

#### 【0102】

なお、変形例において、熱伝導路の長さを変化させるためには  $p$ - $InP$  クラッド層 51 の膜厚のみならず、 $p$ - $InP$  スペーサ層 49a、49b の膜厚を変化させても良い。これ以外でも、活性層 49a、49b からヒートシンクまでの距離が異なるような構造であれば、波長を変化させて DOP を低減することが可能である。

#### 【0103】

また、各ストライプにおける回折格子そのものの構造を変化させることも好ましい。このような半導体レーザ装置のストライプ 52a、52b の構造について、図 11 (a) および図 11 (b) に示す。

#### 【0104】

ストライプ 52a、52b は、それぞれ波長を選択するための回折格子 53a、53b を有する。ここで、回折格子 53a および回折格子 53b は、異なる周期を有する。そのため、回折格子 53a で選択される中心波長と、回折格子 53b で選択される中心波長とは互いに異なる値となり、中心波長が相違するため、偏波合成をおこなった際に DOP を低減し、ビートノイズを抑制することが可能である。

#### 【0105】



以上、実施の形態 1～3 にかかる半導体レーザ装置について説明したが、実際に半導体レーザ装置を製造するにあたって、各ストライプから出射されるレーザ光の中心波長（発振波長スペクトルを構成する複数の発振縦モードのうち、最大の強度を有する発振縦モードの波長をいう）の差分値である波長差  $\Delta\lambda_p$  の好ましい範囲について検討する必要がある。そのため、本願発明者等は、波長差  $\Delta\lambda_p$  と DOP、波長差  $\Delta\lambda_p$  とビートノイズとの関係について測定をおこない、波長差  $\Delta\lambda_p$  の範囲について調べた。まず、波長差  $\Delta\lambda_p$  と DOP の関係について説明をおこない、DOP を低減するための波長差  $\Delta\lambda_p$  の好ましい範囲について説明する。

#### 【0106】

具体的には、単一のストライプ構造を有する 2 つの半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を偏波合成カップラによって直交偏波合成した光について、波長差  $\Delta\lambda_p$  を変化させて DOP を測定している。測定に用いた 2 つの半導体レーザ装置は、活性層近傍に回折格子を有し、複数の発振縦モードを有し、各発振縦モードの間隔が 0.2 nm となるレーザ光を出射する。

#### 【0107】

測定対象として W ストライプ構造の半導体レーザ装置を用いなかったのは、各レーザ光の中心波長を容易に変動させるためである。本測定では、具体的には、単一のストライプ構造を有する 2 つの半導体レーザ装置について、それぞれ別個の温調モジュール上に配置することで活性層の温度を変化させ、中心波長を変化させている。なお、単一ストライプ構造の半導体レーザ装置による波長差  $\Delta\lambda_p$  についての測定結果が示す DOP の傾向については、W ストライプ構造を有し、各ストライプから出射されるレーザ光の中心波長が異なる半導体レーザ装置についても当てはまる。

#### 【0108】

図 12 は、測定の結果について示すグラフである。図 12 に示すグラフは、横軸を波長差  $\Delta\lambda_p$ 、縦軸を DOP とする。また、図 12 において、曲線 1<sub>1</sub> は DOP の短期的な変動を示す曲線であり、曲線 1<sub>2</sub> は、DOP の長期的な変動の傾向を示す曲線である。曲線 1<sub>1</sub> に示されるように、DOP は波長差  $\Delta\lambda_p$  が 0.

2 nmの周期で増減をくり返す。また、曲線 1<sub>2</sub>に示されるように、長期的な傾向としては波長差  $\Delta \lambda_p$  が増大するにつれ、DOPが低減されていることが分かる。

#### 【0109】

曲線 1<sub>2</sub>の傾向から、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 0.1 nm以上となる場合、DOPを 10 パーセント以下に抑制できることが分かる。また、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 0.8 nm以上となった場合、DOPを 5 パーセント以下に抑制することができる。このように、波長差  $\Delta \lambda_p$  を広くとることでDOPが低減され、ラマン増幅器の励起光源として使用した場合にも、信号光の偏波方向に関わらず安定した利得を得ることができる。

#### 【0110】

次に、曲線 1<sub>1</sub>の傾向を考慮して波長差  $\Delta \lambda_p$  の最適値を検討する。曲線 1<sub>1</sub>より、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 0.01 nm以上においてDOPは低くなることが分かる。その一方、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 0.2 nm変化するごとにDOPは極大の値をとる。まず、DOPがこのような周期性を有する原因について説明する。

#### 【0111】

本測定に使用した 2 つの半導体レーザ装置はそれぞれ回折格子によって複数の発振縦モードを有するレーザ光を出射し、各発振縦モードの間隔は 0.2 nmである。したがって、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 0.2 nmとなる際の各レーザ光の関係は、図 13 のように示される。すなわち、中心波長は異なるものの、発振縦モード同士は重なり合い、波長が完全に一致した場合と同様に、DOPの低減が抑制されることとなる。ただし、波長差  $\Delta \lambda_p$  が増大するにつれ、重なり合う発振縦モードの強度差が拡大し、重なり合う発振縦モードの本数も減少するため、長期的な傾向としてはDOPが低減されることとなる。

#### 【0112】

そのため、小さい波長差  $\Delta \lambda_p$  でDOPを抑制するためには、一方のレーザ光の発振縦モードが、他方のレーザ光の発振縦モードと重なり合うことがないように波長差  $\Delta \lambda_p$  を設定することが必要である。そのためには、たとえば、隣接する発振縦モードの間隔  $\Delta \lambda$  に対して、自然数  $n$  を用いて、

$$\Delta \lambda_p = (\Delta \lambda / 2) \times (2n - 1) \cdots (2)$$

となるように波長差  $\Delta \lambda_p$  を設定すればよい。上記測定においては  $\Delta \lambda = 0.2 \text{ nm}$  であるため、波長差  $\Delta \lambda_p$  について、 $0.1 \text{ nm}$ 、 $0.3 \text{ nm}$ 、 $0.5 \text{ nm}$  等となれば、DOP を特に低く抑えることができる。この場合、図 14 に示すように、一方のレーザ光において隣接する発振縦モードの間に他方のレーザ光の発振縦モードが配置される構造となり、発振縦モード同士の重なり合いを防止することができ、直交偏波合成した際に DOP を低減することができる。

#### 【0113】

さらに、本願発明者等は、発振縦モードの間隔  $\Delta \lambda$  が互いに相違するレーザ光を出射する複数の半導体レーザ装置について同様の測定をおこない、一般的な傾向を調べている。すなわち、半導体レーザ装置によっては複数の発振縦モードを有するレーザ光の隣接する発振縦モードの間隔  $\Delta \lambda$  がストライプごとに異なる場合等がある。そのような場合には、(2) 式にしたがって波長差  $\Delta \lambda_p$  を決定しても重なり合う発振縦モードが生じることで、偏波合成した際に DOP が予想通りに低減されないおそれがある。基本的には波長差  $\Delta \lambda_p$  を、所定強度以上の発振縦モード、例えば、最大強度との差分値が  $3 \text{ dB}$  以下、より好ましくは  $10 \text{ dB}$  以下であって、異なる発振波長スペクトルに属する発振縦モード同士の波長差に置き換える。そして、この波長差が上記の条件を満たせば図 12 に示す測定結果と同様の傾向が得られ、一定の割合で DOP を低減することが可能となる。ただし、より確実に DOP を低減するためには、上記した条件とは別の条件を導出することが好ましい。

#### 【0114】

既に述べたように、異なる中心波長を有する 2 つのレーザ光において発振縦モード同士が重なり合った場合でも、波長差  $\Delta \lambda_p$  が増大するにつれて重なり合う発振縦モードの強度が低下し、DOP は低減される。そのため、DOP を抑制するためには、図 15 に示すように、2 つのレーザ光による発振波長スペクトル 54、55 について、所定強度以上の部分が互いに重なり合わないようになればよ

い。具体的には、発振波長スペクトル 54、55 について、レーザ光の最大強度との差分値が 3 dB 以下の部分が互いに交差しないように中心波長差  $\Delta\lambda_p$  を設定すればよい。図 15 の模式図において、発振波長スペクトル 54 に属する発振縦モード 56a と発振波長スペクトル 55 に属する発振縦モード 57a とは重なり合っているものの、発振縦モード 57a の強度はレーザ光の最大強度との差分値が 3 dB 以上となるため、DOP に与える影響は低く、DOP の低減が抑制されることはない。また、発振波長スペクトル 55 に属する発振縦モード 57b も発振波長スペクトル 54 に属する発振縦モード 56b と重なり合うが、同様の理由で DOP にはほとんど影響を与えない。なお、DOP をさらに低減するためには、レーザ光の最大強度との差分値が 10 dB 以下となる範囲で発振波長スペクトル 54、55 が交差しないよう中心波長差  $\Delta\lambda_p$  を設定しておくことが好ましい。

#### 【0115】

このように、波長差  $\Delta\lambda_p$  を 0.01 nm 以上、好ましくは 0.1 nm 以上、より好ましくは 0.8 nm 以上としたり、波長差  $\Delta\lambda_p$  と発振縦モード間隔  $\Delta\lambda$  とが、(2) 式に示す関係となるように波長差  $\Delta\lambda_p$  を設定することで DOP を低減することができる。また、異なる複数のレーザ光の発振波長スペクトルについて、最大強度に対する強度比が 3 dB 以内、より好ましくは 10 dB 以内の範囲で発振波長スペクトルが交差しないよう波長差  $\Delta\lambda_p$  を設定することで、偏波合成の際に DOP を効果的に低減できる半導体レーザ装置を実現することができる。

#### 【0116】

なお、このような波長差  $\Delta\lambda_p$  について、W ストライプ構造を備えた半導体レーザ装置によって形成される半導体レーザ光源のみならず、それぞれ異なる基板上にストライプが形成された 2 個の半導体レーザ装置を組み合わせて形成される半導体レーザ光源にも適用可能である。このような場合でも、波長差  $\Delta\lambda_p$  を上記のように設定することで、偏波合成の際に DOP を効果的に低減することができる。具体的には、図 16 (a)、(b) で示すような構造とすればよい。図 16 (a) に示すように、上記した範囲の波長差  $\Delta\lambda_p$  を有する単一ストライプ半

導体レーザ装置 58 a、58 b によって半導体レーザ光源 59 a を構成し、それぞれから出射されたレーザ光について、偏波合成カプラ 60 によって直交偏波合成をすることで、DOP が低減された励起光源を構成することができる。

#### 【0117】

また、図 16 (b) に示すように、偏波合成カプラ (ウォルストン・プリズム) 62 に対して半導体レーザ光源 59 b を構成する単一ストライプ半導体レーザ装置 58 a、58 b からのレーザ光を互いに直交するように入射させても良い。単一ストライプ半導体レーザ装置 58 a から出射され、レンズ 61 a で平行光となったレーザ光と、単一ストライプ半導体レーザ装置 58 b から出射され、レンズ 61 b で平行光とされて半波長板 61 c を通過したレーザ光とが偏波合成カプラ 62 に入射して直交偏波合成することで、DOP が低減された光を伝送用光ファイバ 64 に入力することができる。なお、図 16 (a) および図 16 (b) に示された半導体レーザ光源では、各半導体レーザ装置の温度を適宜調整することによって、上記した波長の差を持った 2 つのレーザ光を出力させることができる。

#### 【0118】

次に、ビートノイズを抑制するための波長差  $\Delta \lambda_p$  の条件について検討する。上記のような波長差  $\Delta \lambda_p$  を設定した場合でも、偏波合成される各レーザ光の発振縦モードの波長が十分離れていない場合には、各レーザ光が長距離伝搬する間に偏波成分の混合が起こり、量発振縦モード間の周波数差に相当する周波数を持ったノイズ成分が現れる。

#### 【0119】

ビートノイズの発生を防止できない場合において、少なくともその悪影響を排除するためには、ビートノイズが、半導体レーザ装置を使用する光通信システムの伝送帯域外に現れるようにすることが好ましい。伝送帯域外にビートノイズが発生した場合には、ラマン増幅をおこなう際にビートノイズに起因して信号光のノイズが現れることがないためである。

#### 【0120】

具体的には、次の通りに波長差  $\Delta \lambda_p$  を設定する。図 17 に示すように、中心

波長  $\lambda_{p1}$  を有する複数の発振縦モードのうち、最大強度との差分値が 10 dB 以下の強度を有する中で最大の波長を有する発振縦モード 65 が存在する。また、中心波長  $\lambda_{p2}$  ( $> \lambda_{p1}$ ) を有する複数の発振縦モードのうち、最大強度との差分値が 10 dB 以下の強度を有する中で最小の波長を有する発振縦モード 66 が存在する。この発振縦モード 66 と、発振縦モード 65 との間の周波数差が、半導体レーザ装置が使用される光通信システムの電氣的帯域幅よりも大きくなるよう中心波長  $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$  を設定する。このように構成することで、光が伝送用光ファイバ中を長距離伝送される間に偏波混合が生じて、ビートノイズが発生する周波数帯が通信システムの伝送帯域外となる。したがって、信号光のノイズが増大することを防止することができる。

#### 【0121】

具体的な波長差  $\Delta \lambda_p$  としては、数 nm ～数十 nm 以上（たとえば、3 nm 以上）となるように、各ストライプの回折格子を設計するのがよい。さらに好ましくは、波長差  $\Delta \lambda_p$  が 20 nm 以上、たとえば一方のストライプから出射されるレーザ光の中心波長が 1430 nm、他方から出射されるレーザ光の中心波長が 1450 nm となるようにすればよい。

#### 【0122】

図 18 は、波長差  $\Delta \lambda_p$  を 1.5 nm とした場合に各ストライプから出射されるレーザ光の波形を示すグラフである。図 18 に示すように、中心波長が 1447.5 nm 程度のレーザ光において最大強度との差が 10 dB 以下で最も波長の大きい発振縦モード 67 と、中心波長が 1449 nm 程度のレーザ光において最大強度との差が 10 dB 以下で最も波長の小さい発振縦モード 68 とが存在する。発振縦モード 67 と発振縦モード 68 との間の波長差は 0.2625 nm であり、周波数差に直すと 37.6 GHz である。このため、図 18 に示す波形を有する半導体レーザ装置を励起光源としてラマン増幅に用いると、偏波合成によって発生するビートノイズの周波数は非常に高い値となり、信号光に対するノイズとはならない。具体的な相対強度雑音のグラフについて、図 19 に示す。図 19 に示すように、偏波合成して光ファイバ中を長距離伝送した光の相対強度雑音 (RIN) について、図 26 で 11 GHz 付近に現れたピークは発生していないこ

とが分かる。

#### 【0123】

実施の形態 4.

次に、実施の形態 4 について説明する。実施の形態 4 にかかる半導体レーザーモジュールは、実施の形態 1 にかかる半導体レーザー装置を使用した半導体レーザーモジュールである。

#### 【0124】

図 20 は、実施の形態 4 にかかる半導体レーザーモジュールの構成を示す側面断面図、図 21 は本発明の実施の形態 4 にかかる半導体レーザーモジュールの構成を模式化して示す説明図である。

#### 【0125】

図 20 に示すように、実施の形態 4 にかかる半導体レーザーモジュールは、内部を気密封止したパッケージ 71 と、そのパッケージ 71 内に設けられ、レーザー光を出射する半導体レーザー装置 72 と、フォトダイオード 73 と、第 1 レンズ 74 と、プリズム 75 と、半波長板（偏光回転手段）76 と、偏波合成部材（PBC：Polarization Beam Combiner）77 と、光ファイバ 78 とを有する。

#### 【0126】

半導体レーザー装置 72 は、図 21 に示すように、間隔を隔てて長手方向に互いに同一平面上に平行に形成されたストライプ 79 及びストライプ 80 を有し、ストライプ 79 及びストライプ 80 の端面からそれぞれ第 1 のレーザー光 K1 及び第 2 のレーザー光 K2 を出射する。図 21 中に示す K1 及び K2 は、それぞれストライプ 79 及びストライプ 80 から出射されるビームの中心の軌跡を示す。ビームは、図 21 に破線で示すように、この中心のまわりにある広がりをもって伝搬する。ストライプ 79 及びストライプ 80 との間隔は、例えば約 40  $\mu\text{m}$  程度である。

#### 【0127】

半導体レーザー装置 72 はチップキャリア 81 上に固定して取り付けられる。なお、半導体レーザー装置 72 は、ヒートシンク（図示せず）上に固定して取り付けられ、そのヒートシンクがチップキャリア 81 上に固定して取り付けられていて

もよい。

#### 【0128】

フォトダイオード73は、半導体レーザ装置72の後側（図20では左側）端面72bから出射されたモニタ用のレーザ光を受光する。フォトダイオード73は、フォトダイオードキャリア82に固定して取り付けられている。

#### 【0129】

第1レンズ74は、半導体レーザ装置72の前側（図20では右側）端面72aから出射された第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2とが入射され、第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2との間隔を広げるように、かつそれぞれの光を異なる焦点位置（F1，F2）に集光させる作用をもつ。

#### 【0130】

第1レンズ74は、第1のレンズ保持部材83によって保持されている。第1レンズ74は、ストライプ79から出射された第1のレーザ光K1の光軸とストライプ80から出射された第2のレーザ光K2の光軸とが、第1レンズ74の中心軸を挟んでほぼ対称になるように位置決めされるのが好ましい。これによって、第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2が、ともに収差の小さい領域である第1レンズ74の中心軸近傍を通過するため、レーザ光の波面の乱れがなくなり、光ファイバ78との光結合効率が高くなる。その結果、より高出力の半導体レーザモジュールが得られる。なお、球面収差の影響を抑えるためには、第1レンズ74は、球面収差が小さく光ファイバ78との結合効率が高くなる非球面レンズを用いるのが好ましい。

#### 【0131】

プリズム75は、第1レンズ74と偏波合成部材77との間に配設され、入射された第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2を、互いの光軸をほぼ平行にして出射する。プリズム75は、BK7（ホウケイ酸クラウンガラス）等の光学ガラスで作られている。第1レンズ74から非平行に伝搬する第1及び第2のレーザ光K1，K2の光軸が、プリズム75の屈折により平行とされているため、このプリズム75の後方に配置される偏波合成部材77の作製が容易になるとともに、偏波合成部材77を小型化し半導体レーザモジュールを小型にすることが



可能となる。

#### 【0132】

図22 (a) はプリズム75の構成を示す側面図、(b) はその平面図である。図22に示すように、プリズム75は、その全長 $L_1$ が約1.0mmであり、平坦状に形成された入射面75aと、所定角度 $\theta$  ( $\theta$ は $3.2^\circ \pm 0.1^\circ$ ) に傾斜した出射面75bを有する。

#### 【0133】

半波長板76は、プリズム75を通過した第1のレーザ光K1と第2のレーザ光K2のうち、第1のレーザ光K1のみが入射され、入射された第1のレーザ光K1の偏波面を90度回転させる。

#### 【0134】

偏波合成部材77は、第1のレーザ光K1が入射される第1のポート77aと、第2のレーザ光K2が入射される第2のポート77bと、第1のポート77aから入射される第1のレーザ光K1と第2のポート77bから入射される第2のレーザ光K2とが合波されて出射される第3のポート77cとを有する。偏波合成部材77は、例えば、第1のレーザ光K1を常光線として第3のポート77cに伝搬させるとともに、第2のレーザ光K2を異常光線として第3のポート77cに伝搬させる複屈折素子である。偏波合成部材77が複屈折素子の場合、複屈折率性が高くレーザ光間の分離幅を大きくとれるように、例えば $TiO_2$  (ルチル) で作られる。

#### 【0135】

本実施の形態においてはプリズム75、半波長板76及び偏波合成部材77は、同一のホルダ部材84に固定されている。図23 (a) はプリズム75、半波長板76及び偏波合成部材77を固定するホルダ部材84を示す平面図、(b) はその側面断面図、(c) はその正面図である。図23に示すように、ホルダ部材84は、YAGレーザ溶接が可能な材料 (例えばSUS403, 304等) で作られ、その全長 $L_2$ は約7.0mmであり、全体がほぼ円柱状に形成されている。ホルダ部材84に内部に収容部84aが形成され、その収容部84aにプリズム75、半波長板76及び偏波合成部材77がそれぞれ固定される。ホルダ部

材 8 4 の上部は開口され、その下部は平坦状に形成されている。

#### 【0 1 3 6】

ホルダ部材 8 4 は、図 2 3 (d) に示すように、断面がほぼ U 字形状の第 2 の支持部材 8 9 b の 2 つの起立壁の間にはめこまれ、この起立壁の間で、ホルダ部材 8 4 は中心軸 C の周りに回転させて配置することができる。これによって、偏波合成部材 7 7 の第 1 のポート 7 7 a から入射する第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のポート 7 7 b から入射する第 2 のレーザ光 K 2 をともに第 3 のポート 7 7 c から出射するように、ホルダ部材 8 4 の位置を X、Y、Z の 3 軸方向および中心軸 C の周りに調整することが非常に容易となる。

#### 【0 1 3 7】

光ファイバ 7 8 は、偏波合成部材 7 7 の第 3 のポート 7 7 c から出射されるレーザ光を受光し外部に送出する。

偏波合成部材 7 7 と光ファイバ 7 8 との間には、偏波合成部材 7 7 の第 3 のポート 7 7 c から出射されるレーザ光を光ファイバ 7 8 に光結合させる第 2 レンズ 8 6 が配設されている。第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 は、第 1 レンズ 7 4 と第 2 レンズ 8 6 との間で焦点 (F 1, F 2) を結ぶように第 1 レンズ 7 4 が位置合わせされている。これによって、第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 が第 1 レンズ 7 4 を通過後、分離する (図 2 1 中の距離 D' が十分大きな値となる) ために必要な伝搬距離 L が短くなるため、半導体レーザモジュールの光軸方向の長さを短くすることができる。その結果、例えば高温環境下における半導体レーザ装置 7 2 と光ファイバ 7 8 との光結合の径時安定性が優れた、信頼性の高い半導体レーザモジュールを提供できる。また、第 1 レンズ 7 4 と第 2 レンズ 8 6 との間におけるレーザ光のスポット径が小さくなるので、使用する光源部品を小さくすることができ、小型のレーザモジュールが設計できる。

#### 【0 1 3 8】

半導体レーザ装置 7 2 を固定したチップキャリア 8 1 と、フォトダイオード 7 3 を固定したフォトダイオードキャリア 8 2 とは、断面ほぼ L 字形状の第 1 の基台 8 7 上に半田付けして固定される。第 1 の基台 8 7 は、半導体レーザ装置 7 2 の発熱に対する放熱性を高めるために Cu W 系合金等で作られているのが好まし

い。

#### 【0139】

第1レンズ74を固定した第1のレンズ保持部材83と、プリズム75、半波長板76及び偏波合成部材77を固定したホルダ部材84とは、第2の基台88上にそれぞれ第1の支持部材89a及び第2の支持部材89bを介してYAGレーザ溶接により固定される。このため、第2の基台88は、溶接性の良好なステンレス鋼等で作られているのが好ましい。また、第2の基台88は、第1の基台87の平坦部87a上に銀ろう付けして固定される。

#### 【0140】

第1の基台87の下部にはペルチェ素子からなる冷却装置90が設けられている。半導体レーザ装置72からの発熱による温度上昇はチップキャリア81上に設けられたサーミスタ90aによって検出され、サーミスタ90aより検出された温度が一定温度になるように、冷却装置90が制御される。これによって、半導体レーザ装置72のレーザ出力を高出力化かつ安定化させることができる。

#### 【0141】

パッケージ71の側部に形成されたフランジ部71aの内部には、偏波合成部材77を通過した光が入射する窓部71bが設けられ、フランジ部71aの端面には中間部材71dが固定されている。中間部材71d内にはレーザ光を集光する第2レンズ86を保持する第2レンズ保持部材91がYAGレーザ溶接により固定されている。第2レンズ保持部材91の端部には金属製のスライドリング92がYAGレーザ溶接により固定される。

#### 【0142】

光ファイバ78はフェルール93によって保持され、そのフェルール93は、スライドリング92の内部にYAGレーザ溶接により固定されている。

#### 【0143】

次に、実施の形態4にかかる半導体レーザモジュールの動作について説明する。半導体レーザ装置72のストライプ79及びストライプ80の前側端面72aからそれぞれ出射された第1のレーザ光K1及び第2のレーザ光K2は、第1レンズ74を通過し、交差した後、間隔が広がりプリズム75に入射される。プリ

ズム 75 に入射した時の第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 との間隔 (D) は約  $480\text{ }\mu\text{m}$  である。プリズム 75 によって第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光は平行となって出射し (両者の間隔は約  $500\text{ }\mu\text{m}$  になる)、第 1 のレーザ光 K 1 は半波長板 76 に入射され、偏波面を  $90$  度回転させた後、偏波合成部材 77 の第 1 のポート 77 a に入射され、第 2 のレーザ光 K 2 は偏波合成部材 77 の第 2 のポート 77 b に入射される。

#### 【0144】

偏波合成部材 77 では、第 1 のポート 77 a から入射される第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のポート 77 b から入射される第 2 のレーザ光 K 2 とが合波されて第 3 のポート 77 c から出射される。

#### 【0145】

偏波合成部材 77 から出射されたレーザ光は、第 2 レンズ 86 によって集光され、フェルルール 93 によって保持された光ファイバ 78 の端面に入射され外部に送出される。

#### 【0146】

一方、半導体レーザ装置 72 の後側後側端面 72 b から出射されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード 73 によって受光され、フォトダイオード 73 の受光量に基づいて半導体レーザ装置 72 の駆動電流を制御することによって光出力等を調整する。

#### 【0147】

実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールによれば、半導体レーザ装置 72 から第 1 のレーザ光 K 1 及び第 2 のレーザ光 K 2 が出射され、半波長板 76 によって第 1 のレーザ光 K 1 の偏光面が  $90$  度回転し、偏波合成部材 77 によって第 1 のレーザ光 K 1 と第 2 のレーザ光 K 2 が偏波合成されるので、光ファイバ 78 からは高出力で、かつ偏光度の小さいレーザ光を出力することができる。従って、上記の半導体レーザモジュールを、高出力が要求されるエネルギードープ光ファイバ増幅器や、さらに低偏波依存性及び波長安定性が要求されるラマン増幅器の励起光源として適用することができる。

#### 【0148】

なお、本実施の形態 4 においては、実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置を用いて半導体レーザモジュールを構成することとしたが、これに限定されるものではない。たとえば、D F B、D B R 等の波長選択手段を具備した半導体レーザ装置を用いても良いし、実施の形態 2 または実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置を用いても良い。しかも、このような半導体レーザ装置を用いることは、光ファイバ増幅器に使用する際にファイバグレーティングを必要としないという利点を有するためむしろ好ましい。

#### 【0 1 4 9】

実施の形態 5.

次に、実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器について説明する。実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器は、ラマン増幅によって光増幅をおこなう。図 2 4 は、実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器の構成を示すブロック図である。

#### 【0 1 5 0】

図 2 4 に示すように、実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器は、信号光が入力される入力部 9 9 と、信号光が出力される出力部 1 0 0 と、入力部 9 9 と出力部 1 0 0 との間で信号光を伝送する光ファイバ（増幅用ファイバ）1 0 1 と、励起光を発生させる励起光発生部 1 0 2 と、励起光発生部 1 0 2 によって発生された励起光と光ファイバ（増幅用ファイバ）1 0 1 に伝送される信号光とを合波する WDM カプラ 1 0 3 とを有する。入力部 9 9 と WDM カプラ 1 0 3 との間および出力部 1 0 0 と WDM カプラ 1 0 3 との間には、入力部 9 9 から出力部 1 0 0 への方向の信号光だけを透過させる光アイソレータ 1 0 4 がそれぞれ設けられている。

#### 【0 1 5 1】

励起光発生部 1 0 2 は、互いに波長帯の異なるレーザ光を出射する実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュール M と、半導体レーザモジュール M から出射されたレーザ光を合成する WDM カプラ 1 0 5 とを有する。

#### 【0 1 5 2】

半導体レーザモジュール M から出射された励起光は、WDM カプラ 1 0 5 によって合成され、励起光発生部 1 0 2 の出力光となる。

**【0 1 5 3】**

励起光発生部 1 0 2 で発生した励起光は、WDMカプラ 1 0 3 により光ファイバ 1 0 1 に結合され、一方、入力部 9 9 から入力された信号光は、光ファイバ 1 0 1 で励起光と合波されてラマン増幅され、WDMカプラ 1 0 3 を通過し、出力部 1 0 0 から出力される。

**【0 1 5 4】**

本実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器は、実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールを用いることにより、DOP が低減され、信号光の偏波方向に依存しない、安定かつ高利得な光増幅をおこなうことができる。

**【0 1 5 5】**

また、半導体レーザ装置を W ストライプ構造とした場合、本実施の形態にかかる光ファイバ増幅器は、製造が容易で、かつ小型化することができる。

**【0 1 5 6】****【発明の効果】**

以上説明したように、請求項 1 の発明によれば、W ストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造上面に非電流注入領域を有することとしたため、双方のストライプ構造における共振器長が実質的に異なるものとなり、第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の出射波長および縦モード間隔を異ならせることができ、DOP の低減およびビートノイズの発生を抑制できるという効果を奏する。

**【0 1 5 7】**

また、請求項 2 の発明によれば、第 1 のストライプおよび第 2 のストライプ双方に異なる面積の非電流注入領域を設けることとしたため、双方のストライプ構造におけるレーザ光の出射波長を異ならせることができ、DOP の低減およびビートノイズの発生を抑制できるという効果を奏する。

**【0 1 5 8】**

また、請求項 3 の発明によれば、電極を配置しない領域を設けることにより非電流注入領域を形成することとしたため、簡易に非電流注入領域を形成することができるという効果を奏する。

## 【0 1 5 9】

また、請求項 4 の発明によれば、部分回折格子を備えたことで所定の中心波長を有し、複数の発振縦モードを有するレーザ光を選択することができるとともに、非電流注入領域を有することで第 1 のストライプ構造と第 2 のストライプ構造とで異なる中心波長を選択することができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 0】

また、請求項 5 の発明によれば、第 1 の回折格子が非電流注入領域下部に配置されていることにより第 1 の回折格子には注入電流が流入せず、屈折率変化も起こらないことから選択する中心波長を変化させないことができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 1】

また、請求項 6 の発明によれば、熱伝導効率が相違することとしたため、第 1 の活性層の温度と第 2 の活性層の温度が相違し、第 1 のレーザ光の中心波長と第 2 のレーザ光の中心波長を変化させることができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 2】

また、請求項 7 の発明によれば、回折格子を備えたことで、異なる特定の波長を有し、複数の発振縦モードを有する第 1 のレーザ光および第 2 のレーザ光を射出することができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 3】

また、請求項 8 の発明によれば、ストライプ構造の水平方向の幅を異なることとしたため、第 1 のストライプと第 2 のストライプにおける熱伝導効率を異なる値とすることができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 4】

また、請求項 9 の発明によれば、活性層と電極との間の距離を第 1 のストライプと第 2 のストライプとで異ならせることで、熱伝導効率を異なる値とすることができるという効果を奏する。

## 【0 1 6 5】

また、請求項 1 0 の発明によれば、クラッド層の膜厚を異なるものとする事で、活性層と電極との間の距離を変化させることができ、熱伝導効率を異なる値

とすることができるという効果を奏する。

【0 1 6 6】

また、請求項 1 1 の発明によれば、回折格子の構造を異なるものとする事で、第 1 のストライプで選択する中心波長および発振縦モード間隔と、第 2 のストライプで選択する中心波長および発振縦モード間隔を異なる値とすることができるという効果を奏する。

【0 1 6 7】

また、請求項 1 2 の発明によれば、回折格子の周期を異ならせることで、中心波長および発振縦モード間隔をストライプごとに異なる値とすることができるという効果を奏する。

【0 1 6 8】

また、請求項 1 3 の発明によれば、中心波長差を 1 . 5 n m 以上とすることで、ビートノイズの発生を抑制し、発生したとしても使用する光通信システムの電氣的周波数帯以外の周波数で発生させることができるという効果を奏する。

【0 1 6 9】

また、請求項 1 4 の発明によれば、中心波長差を 3 n m 以上とすることで、ビートノイズの発生を抑制し、発生しても使用する光通信システムの電氣的周波数帯以外の周波数で発生させることができるという効果を奏する。

【0 1 7 0】

また、請求項 1 5 の発明によれば、所定強度以上の発振縦モードについて、第 1 のレーザ光および第 2 のレーザ光が所定周波数以上の差を有することで、ビートノイズの発生を抑制し、発生したとしても使用する光通信システムの周波数帯以外の周波数で発生させることができるという効果を奏する。

【0 1 7 1】

また、請求項 1 6 の発明によれば、第 1 のレーザ光の中心波長と第 2 のレーザ光の中心波長との差分値を 0 . 0 1 n m 以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、D O P を低減することができるという効果を奏する。

【0 1 7 2】

また、請求項 1 7 の発明によれば、第 1 のレーザ光において最大強度との差分



値が 3 d B 以下のすべての発振縦モードと、第 2 のレーザ光において最大強度との差分値が 3 d B 以下のすべての発振縦モードとの波長差を 0. 0 1 n m 以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、D O P を低減することができるという効果を奏する。

#### 【0 1 7 3】

また、請求項 1 8 の発明によれば、波長差を発振縦モード間隔の半値のほぼ奇数倍としたため、一方のレーザ光の発振縦モードが他方のレーザ光の隣接する発振縦モードの間に位置することとなり、発振縦モード同士の重なり合いが抑制され、D O P を低減することができるという効果を奏する。

#### 【0 1 7 4】

また、請求項 1 9 の発明によれば、波長差を 0. 1 n m 以上としたため、発振縦モード同士の重なり合いが生じた場合でも、重なり合う発振縦モードの強度が低くなり、D O P を低減することができるという効果を奏する。

#### 【0 1 7 5】

また、請求項 2 0 の発明によれば、2 つの発振波長スペクトルが、所定強度以上の部分で交差しないこととしたため、重なり合いが生じた場合でも重なり合う発振縦モードの強度が低くなり、D O P を低減することができるという効果を奏する。

#### 【0 1 7 6】

また、請求項 2 1 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置から出射される第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光を偏波合成して光ファイバに出力することにより、D O P が低減されたレーザ光を出射することができるという効果を奏する。

#### 【0 1 7 7】

また、請求項 2 2 の発明によれば、上記の半導体レーザ装置もしくは半導体レーザモジュールを使用することとしたため、利得の偏波依存性が低減された光ファイバ増幅器を提供することができるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 2】**

図 1 に示した半導体レーザ装置の A - A 線断面図である。

**【図 3】**

図 1 に示した半導体レーザ装置の B - B 線断面図である。

**【図 4】**

実施の形態 1 の変形例にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 5】**

実施の形態 2 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す正面断面図である。

**【図 6】**

(a) は図 5 に示した半導体レーザ装置の A - A 線断面図であり、(b) は図 5 に示した半導体レーザ装置の B - B 線断面図である。

**【図 7】**

図 5 に示した半導体レーザ装置において、1つの中心波長に関する発振波長スペクトルと発振縦モードとの関係図である。

**【図 8】**

単一発振縦モードと複数発振縦モードとのレーザ光出力パワーの関係および誘導ブリルアン散乱のしきい値を示す図である。

**【図 9】**

実施の形態 3 にかかる半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

**【図 10】**

実施の形態 3 の変形例にかかる半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

**【図 11】**

(a)、(b) は、変形例にかかる各ストライプの構造を示す側面断面図である。

**【図 12】**

中心波長差と DOP との相関関係を示すグラフである。

**【図 13】**

波長差が 0.2 nm の場合の各発振縦モードの重なり合いの態様を示す模式図

である。

【図 14】

波長差が、発振縦モード間隔の半値の奇数倍の場合の波形を示すグラフである。

。

【図 15】

所定強度以上の発振波長スペクトル同士が交差しない状態を示す模式図である。

。

【図 16】

半導体レーザ光源の構成を示すブロック図である。

【図 17】

発生したビートノイズを使用する光通信システムの帯域外とする状態におけるレーザ光の態様を示す模式図である。

【図 18】

波長差が 1.5 nm の場合の異なる中心波長を有する 2 つのレーザ光の波形を示すグラフである。

【図 19】

偏波合成された光について、RIN を測定したグラフである。

【図 20】

実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールの構造を示す側面断面図である。

。

【図 21】

実施の形態 4 にかかる半導体レーザモジュールの構造を模式化して示す説明図である。

【図 22】

(a) はプリズムの構成を示す側面図であり、(b) はその平面図である。

【図 23】

(a) はプリズム、半波長板および偏波合成部材を固定するホルダを示す平面図であり、(b) はその側面断面図であり、(c) はその平面図である。

【図 24】

実施の形態 5 にかかる光ファイバ増幅器の構造を示すブロック図である。

【図 25】

従来技術にかかる光ファイバ増幅器の構造を示すブロック図である。

【図 26】

従来技術において、ビートノイズの発生の態様を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1    n-InP 基板
- 2    n-InP クラッド層
- 3 a、3 b、46 a、46 b    下部 GRIN-SCH 層
- 4 a、4 b、47 a、47 b    活性層
- 5 a、5 b、48 a、48 b    上部 GRIN-SCH 層
- 6、51    p-InP クラッド層
- 7    p-InGaAsP コンタクト層
- 8、8 a、8 b    p 側電極
- 9    p-InP ブロッキング層
- 10    n-InP ブロッキング層
- 11    n 側電極
- 12    高反射膜
- 13    低反射膜
- 14    非電流注入領域
- 15、16、18 a、18 b、50 a、50 b、52 a、52 b    ストライプ
- 17 a、17 b、49 a、49 b    p-InP スペース層
- 20    絶縁膜
- 21    分離溝
- 23 a、23 b、53 a、53 b    回折格子
- 30、54、55    発振波長スペクトル
- 31～33、56 a、56 b、57 a、57 b、65～68    発振縦モード
- 58 a、58 b    単ーストライプ半導体レーザ装置
- 59 a、59 b    半導体レーザ光源

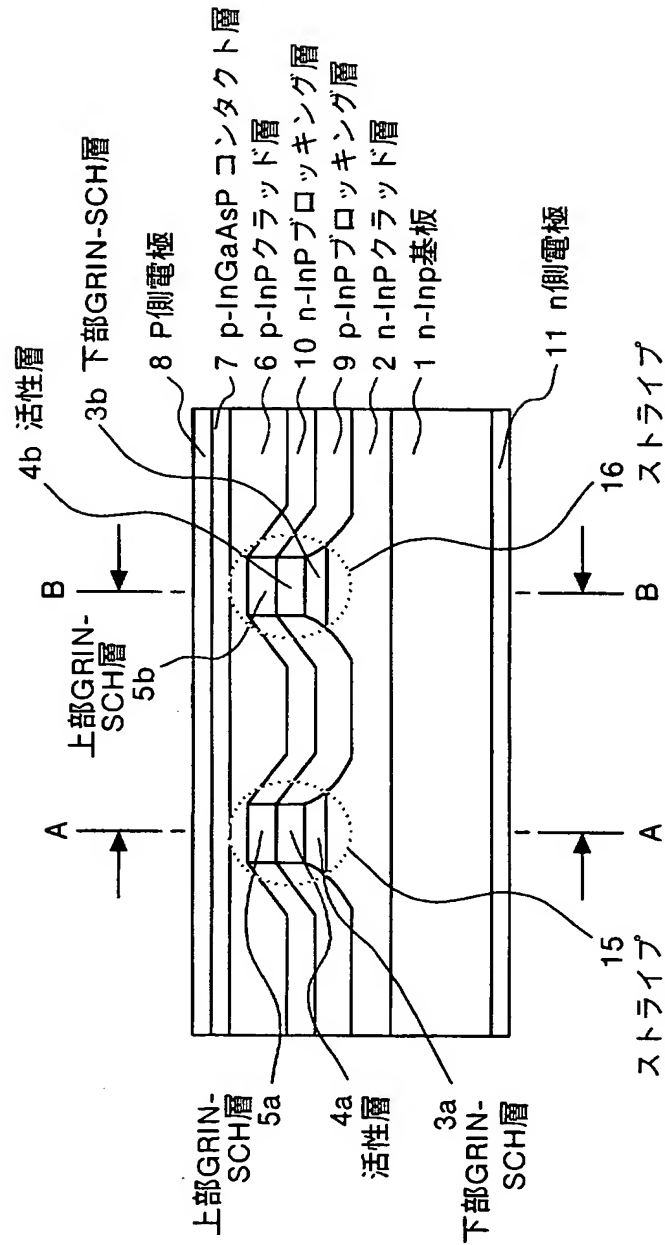
6 0、6 2 偏波合成カプラ  
6 1 a、6 1 b、6 3 レンズ  
6 4 伝送用光ファイバ  
7 1 パッケージ  
7 1 a フランジ部  
7 1 b 窓部  
7 1 c 蓋  
7 1 d 中間部材  
7 2 半導体レーザ装置  
7 3 フォトダイオード  
7 4 第 1 レンズ  
7 5 プリズム  
7 6 半波長板  
7 7 偏波合成部材  
7 7 a 第 1 のポート  
7 7 b 第 2 のポート  
7 7 c 第 3 のポート  
7 8 光ファイバ  
8 1 チップキャリア  
8 2 フォトダイオードキャリア  
8 3 第 1 のレンズ保持部材  
8 4 ホルダ部材  
8 5 光反射部  
8 6 第 2 レンズ  
8 7 第 1 の基台  
8 8 第 2 の基台  
8 9 a 第 1 の支持部材  
8 9 b 第 2 の支持部材  
9 0 冷却装置

- 9 0 a サーミスタ
- 9 1 第 2 のレンズ保持部材
- 9 2 スライドリング
- 9 3 フェルール
- 9 9 入力部
- 1 0 0 出力部
- 1 0 1 光ファイバ
- 1 0 2 励起光発生部
- 1 0 3 WDMカプラ
- 1 0 4 光アイソレータ
- 1 0 5 WDMカプラ

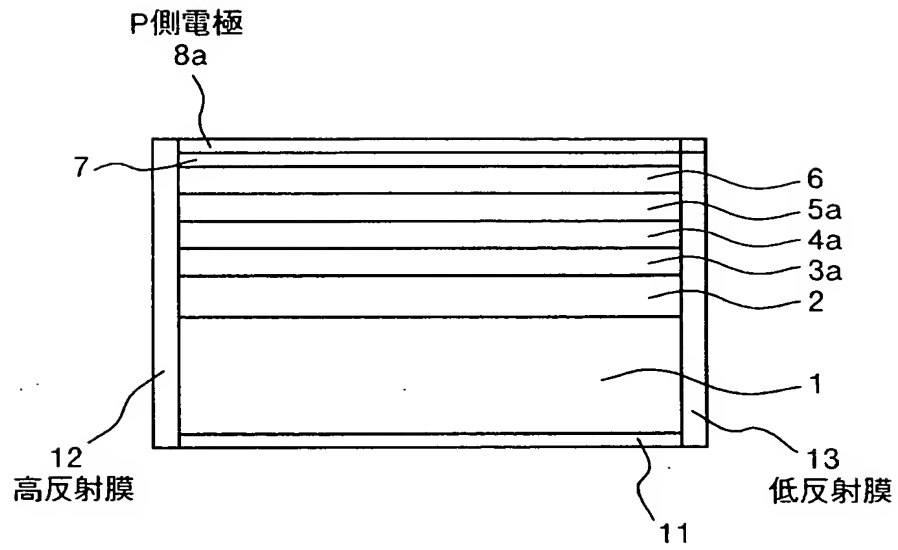
【書類名】

図面

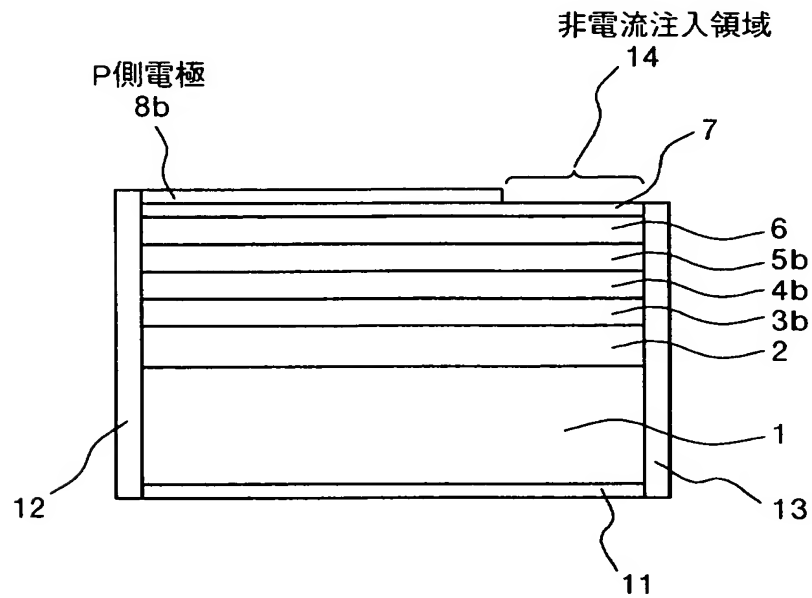
【図 1】



【図 2】

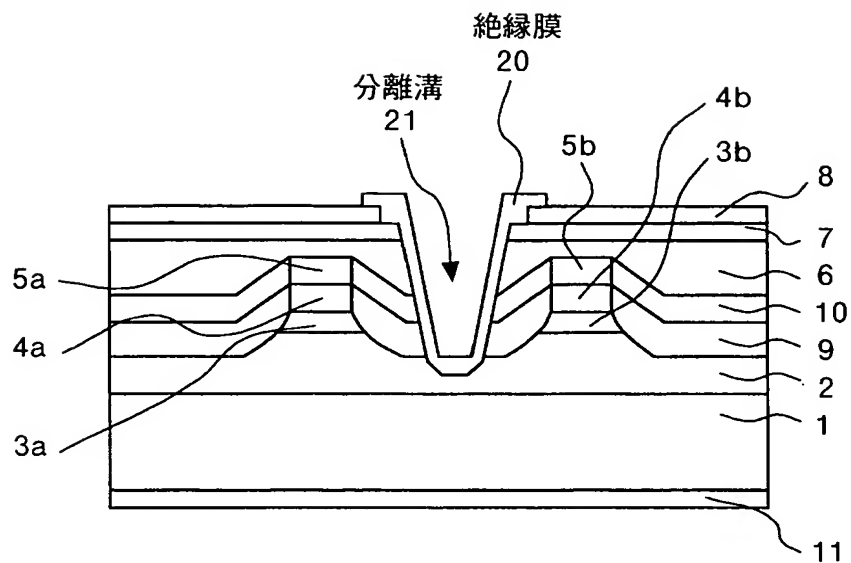


【図 3】

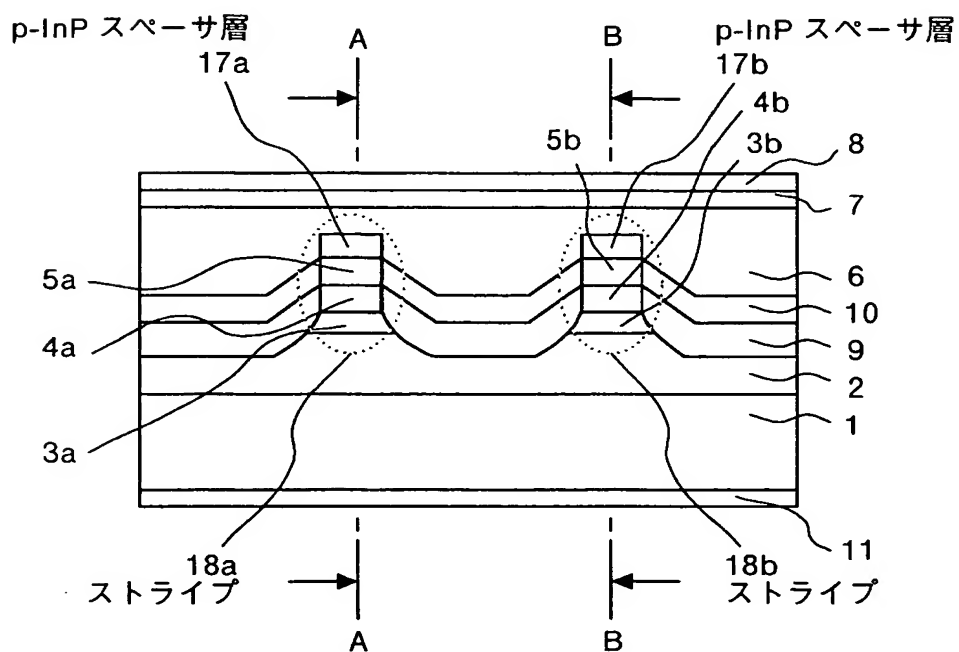




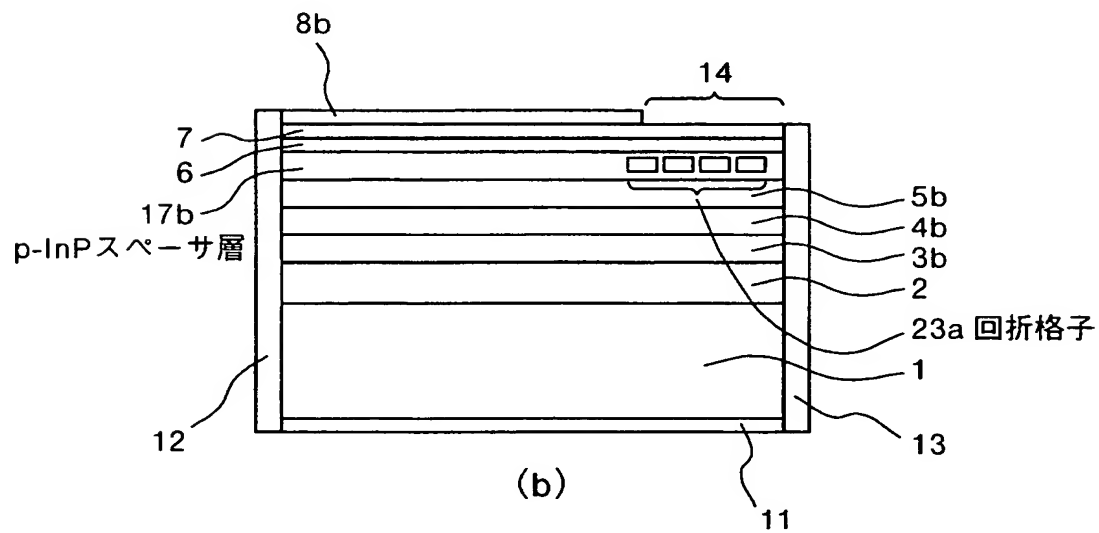
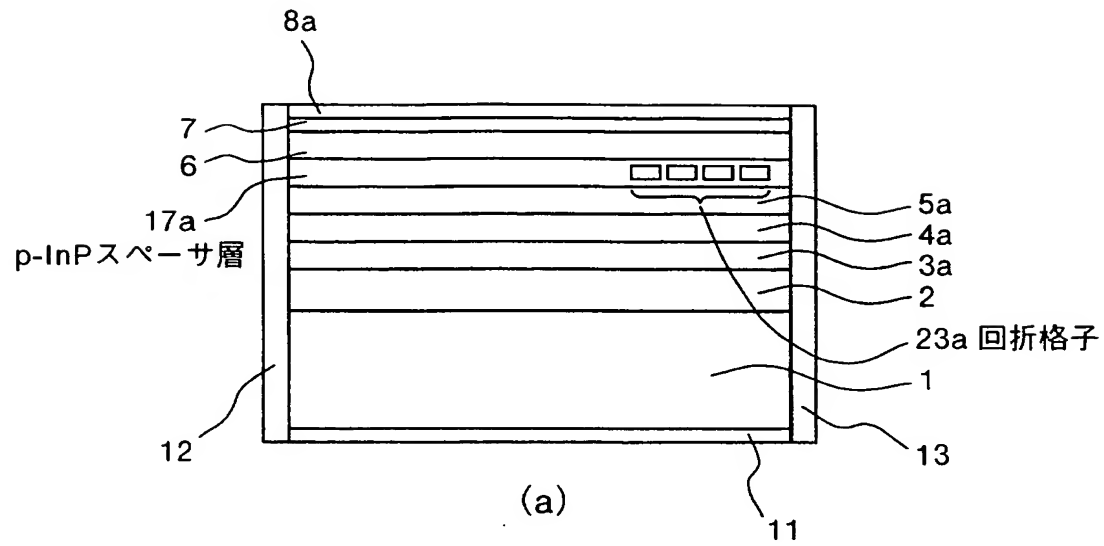
【図 4】



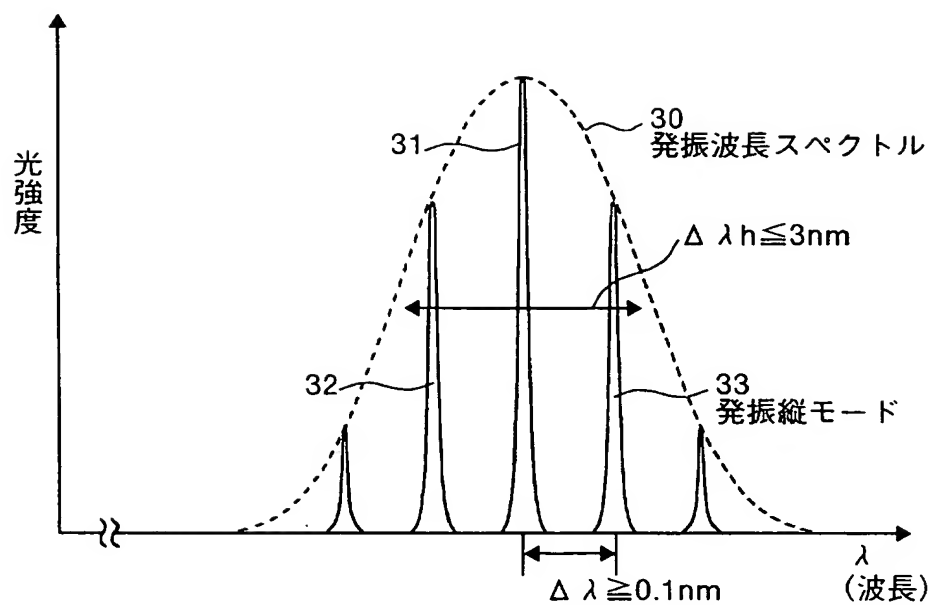
【図 5】



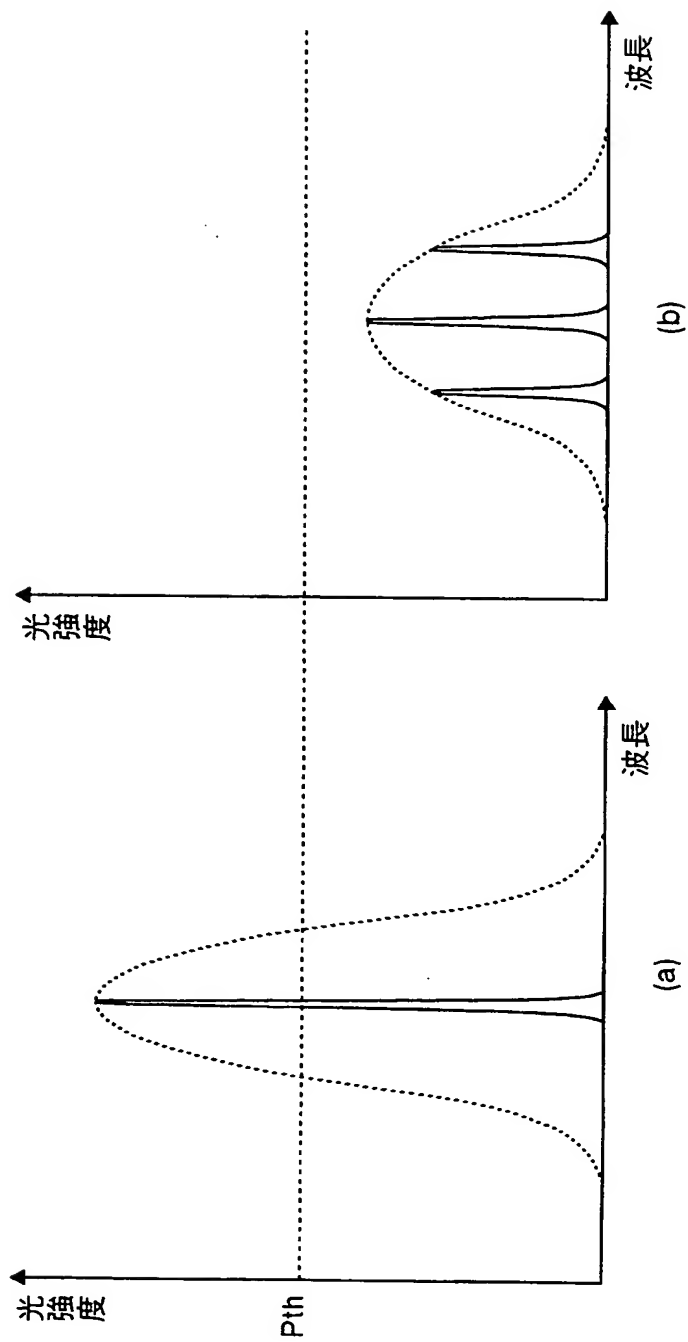
【図 6】



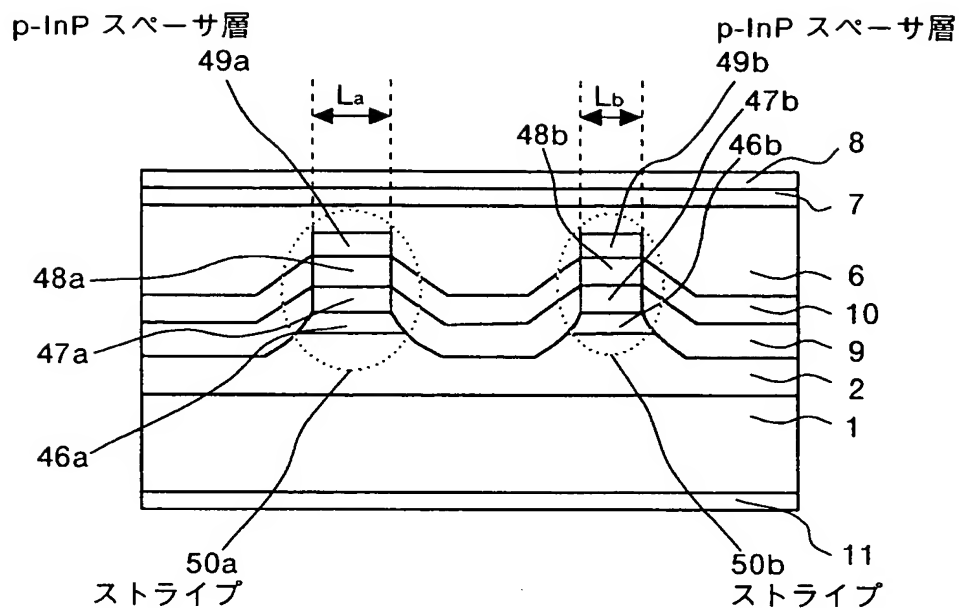
【図 7】



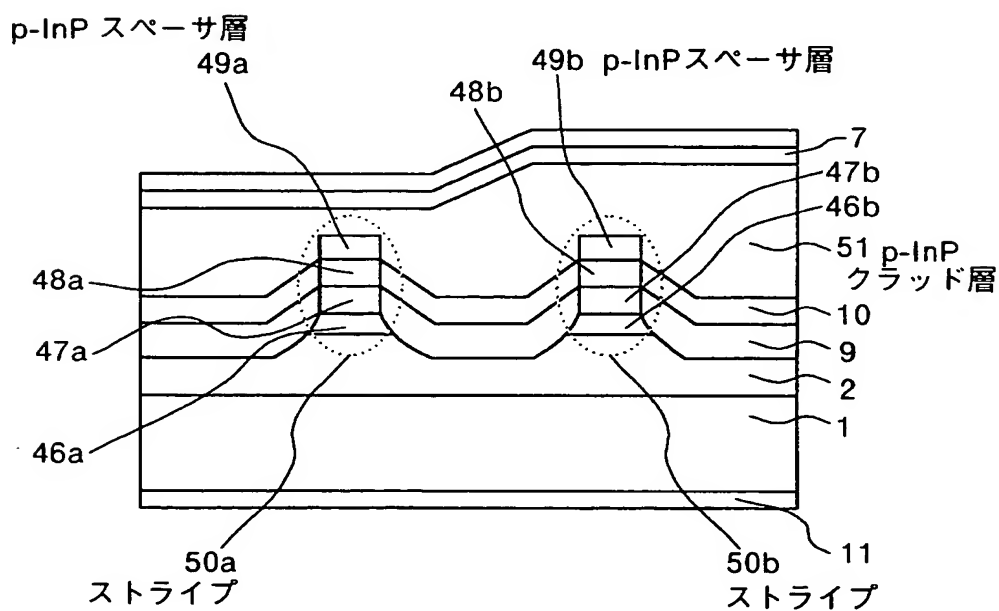
【図 8】



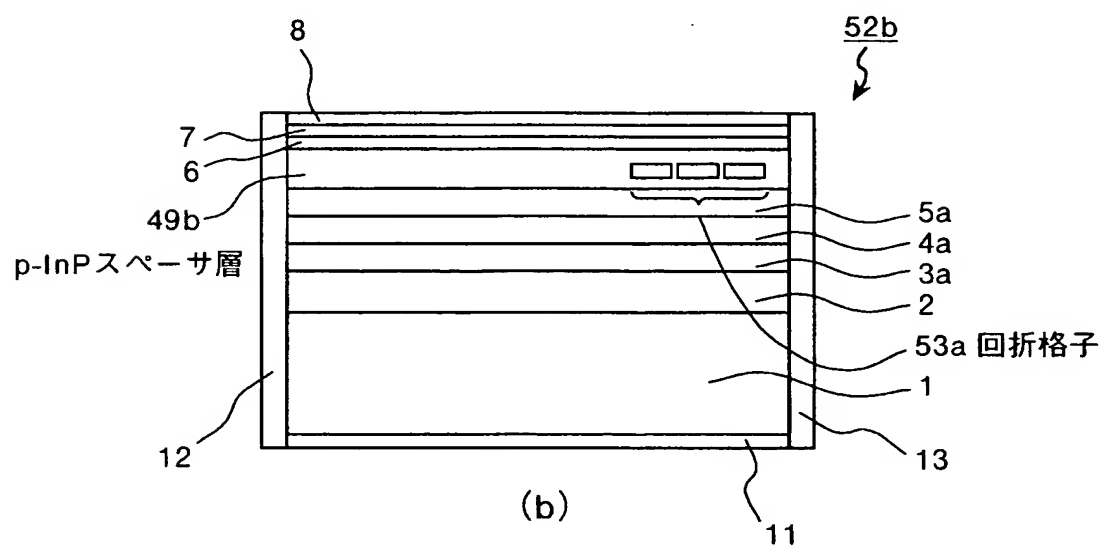
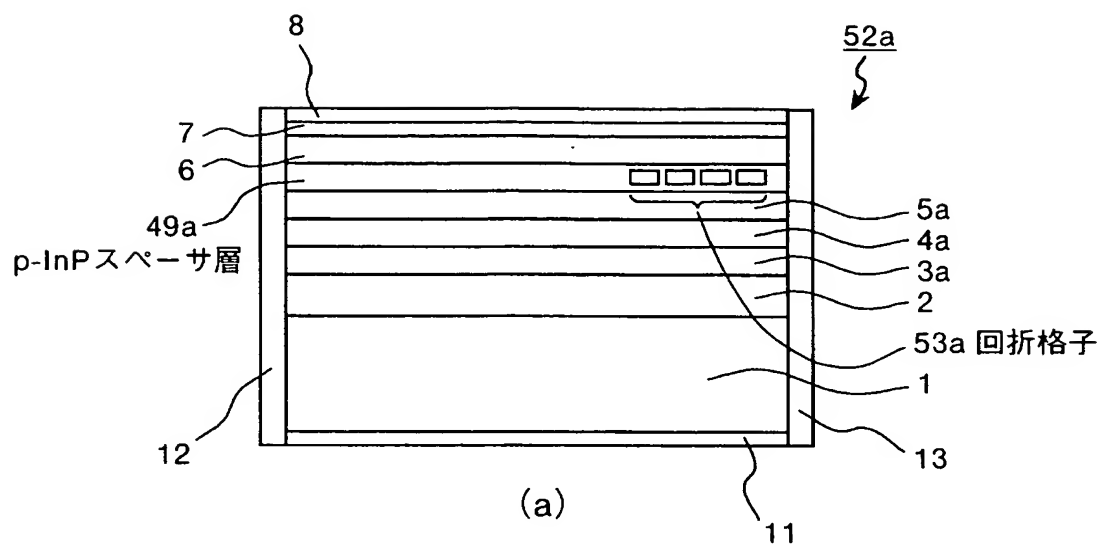
【図 9】



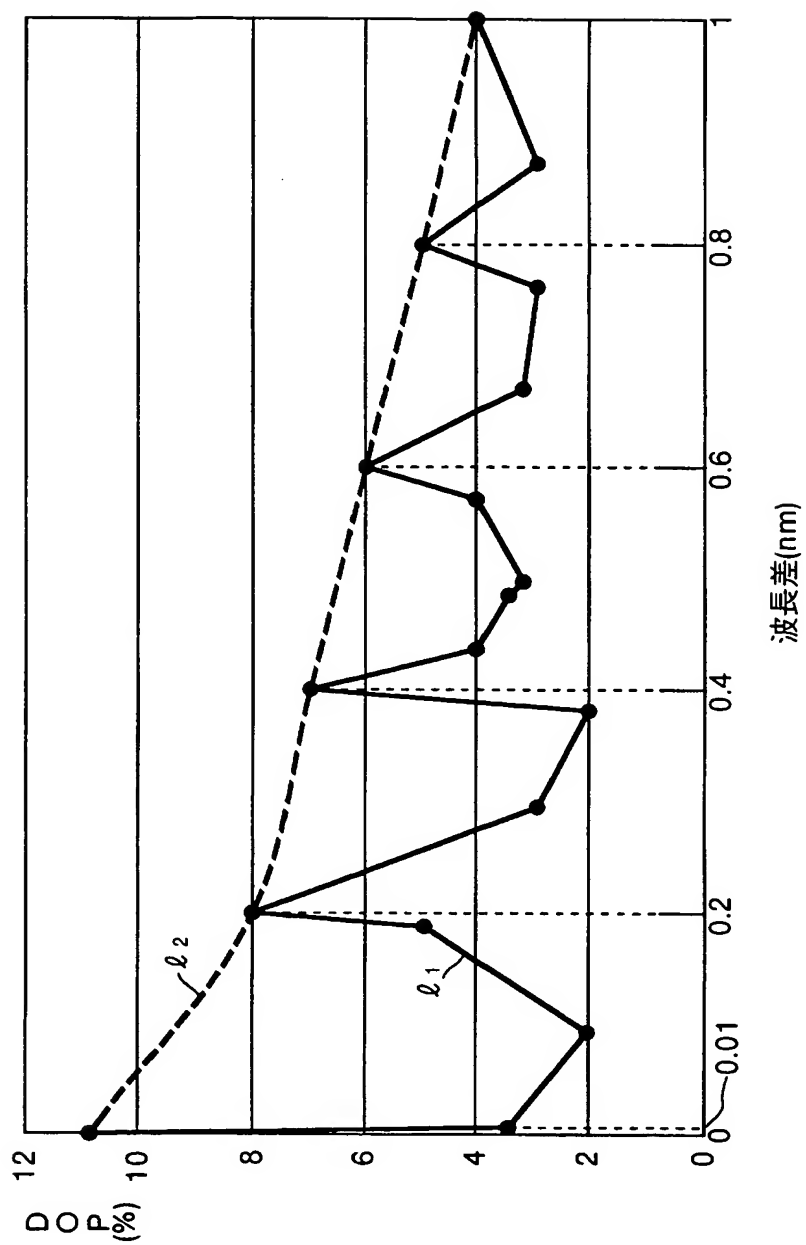
【図 10】



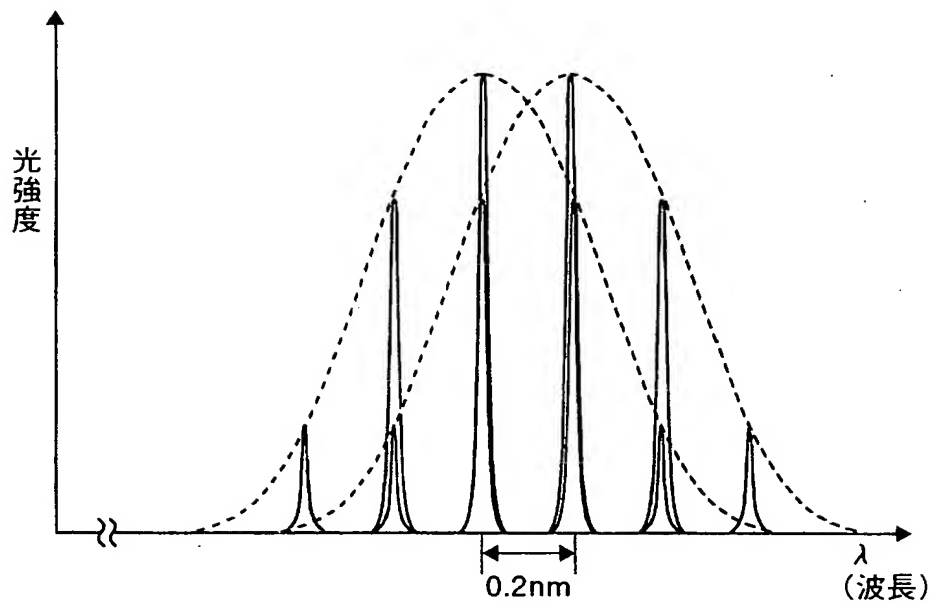
【図 11】



【図 12】

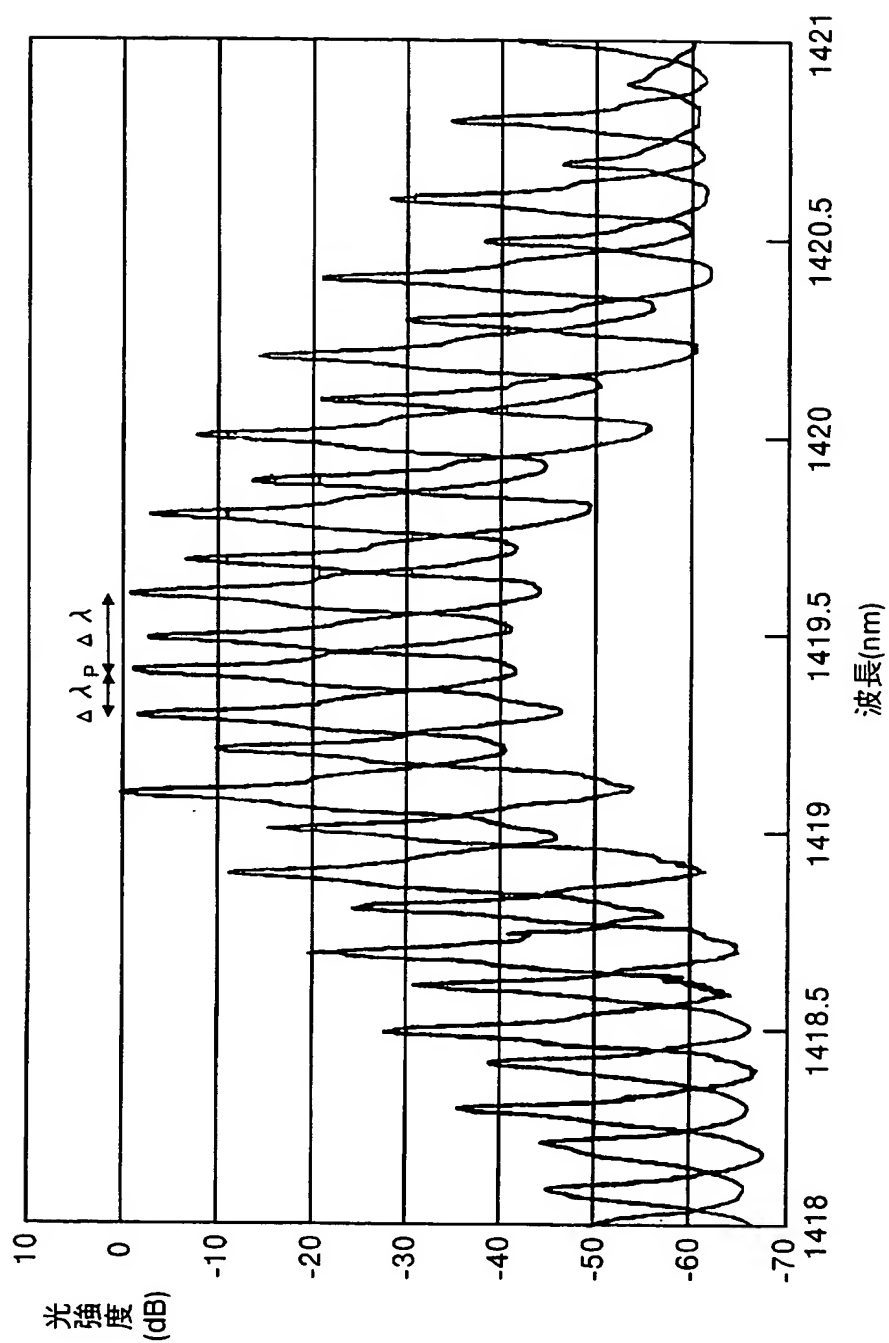


【図 13】

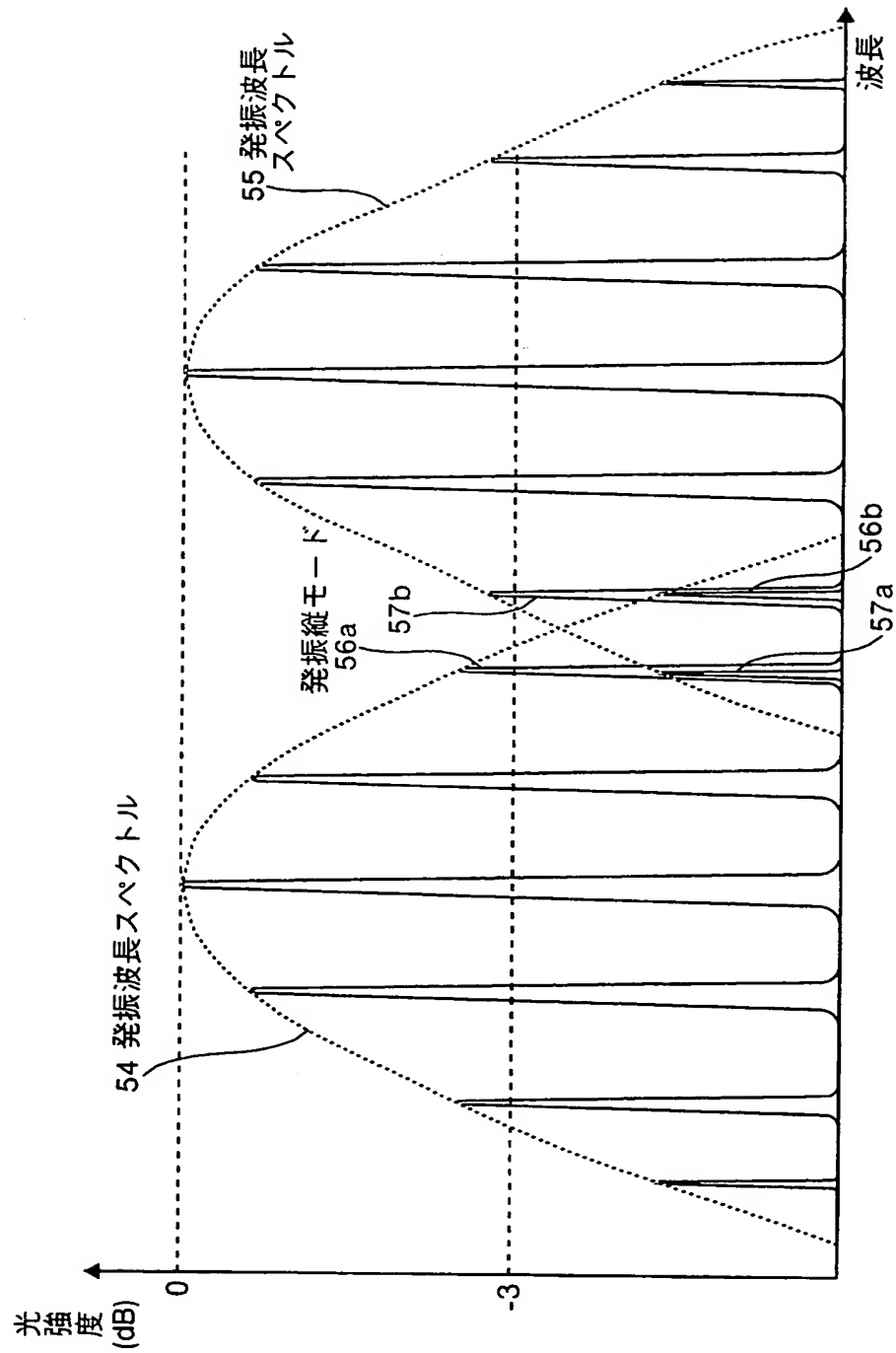




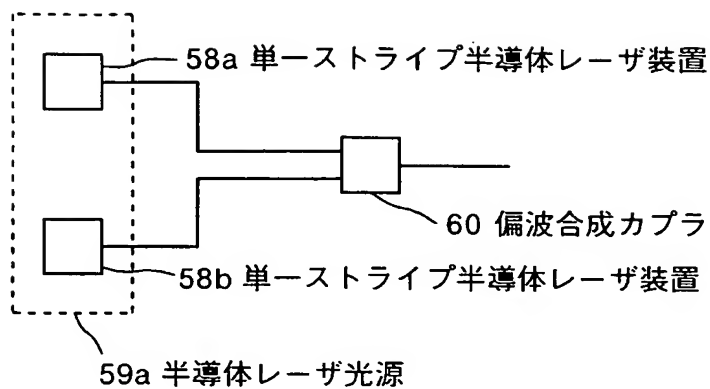
【図 14】



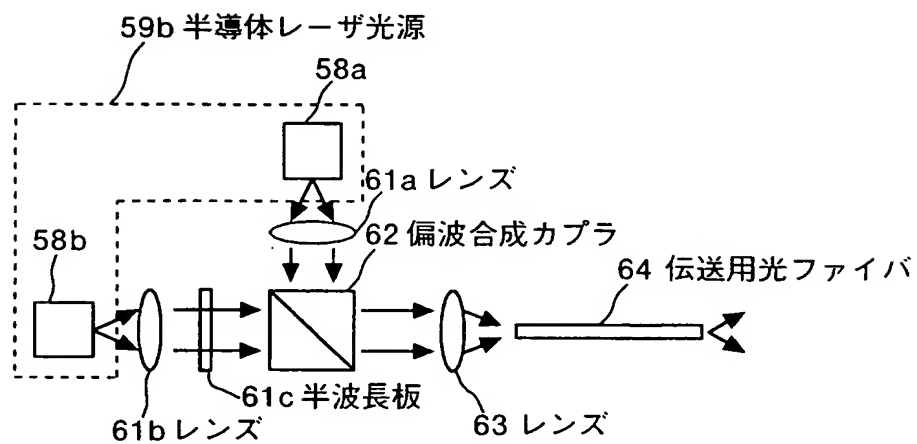
【図 15】



【図 16】

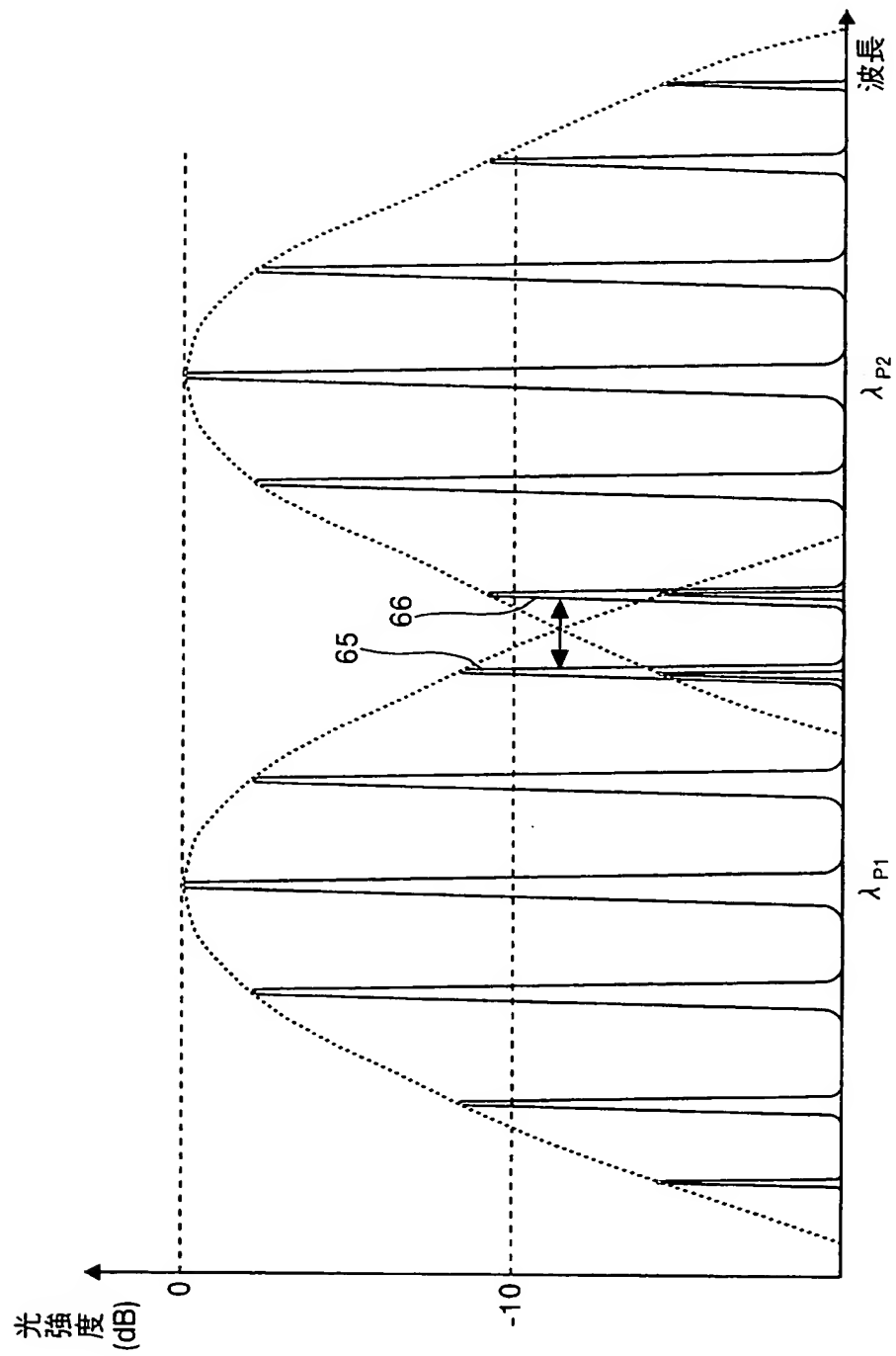


(a)

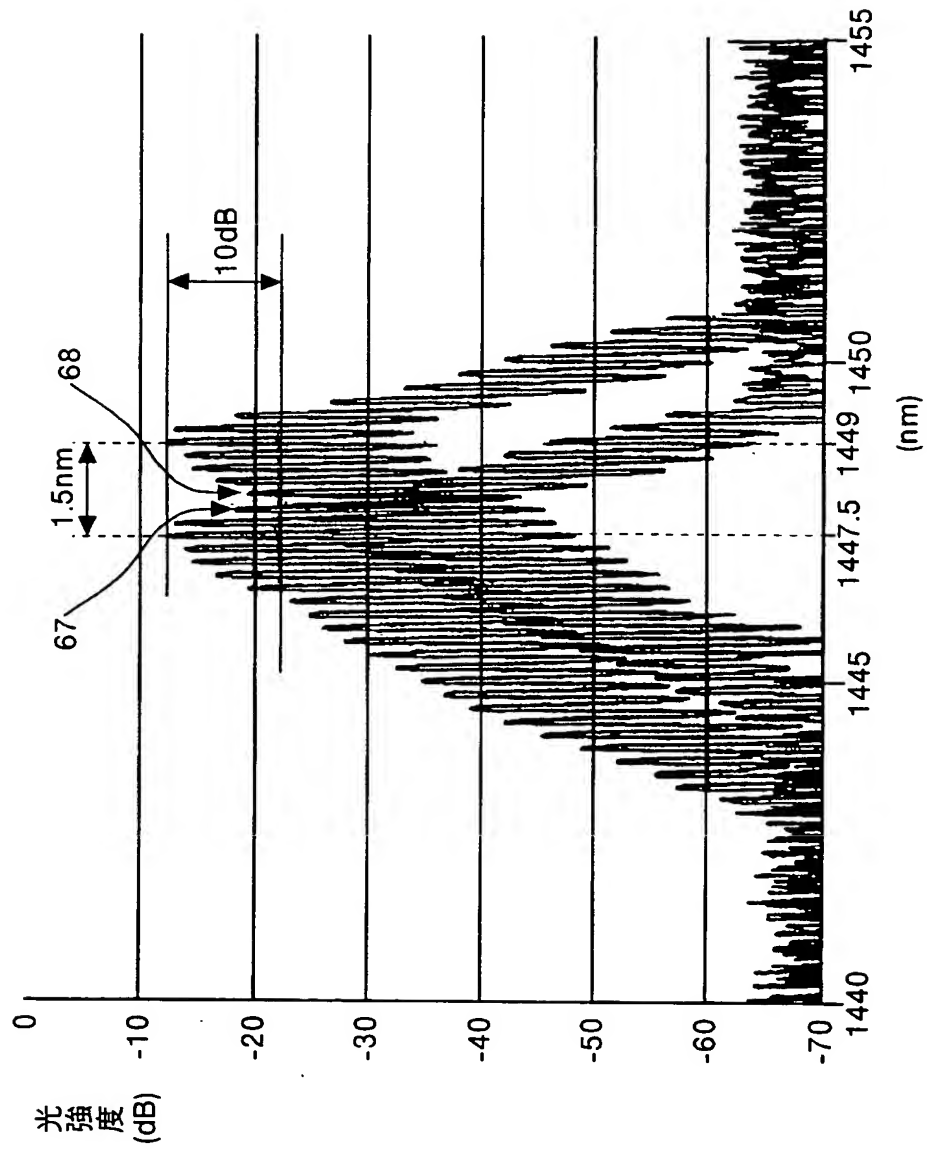


(b)

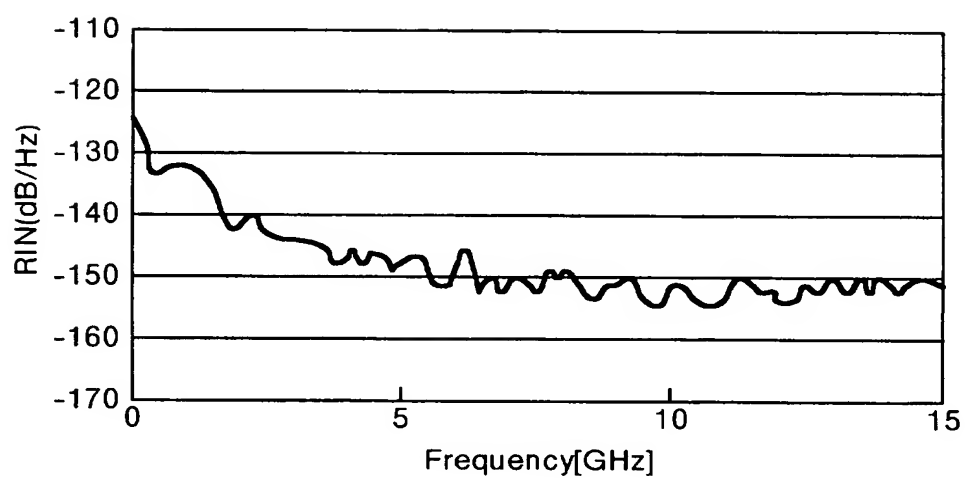
【図 17】



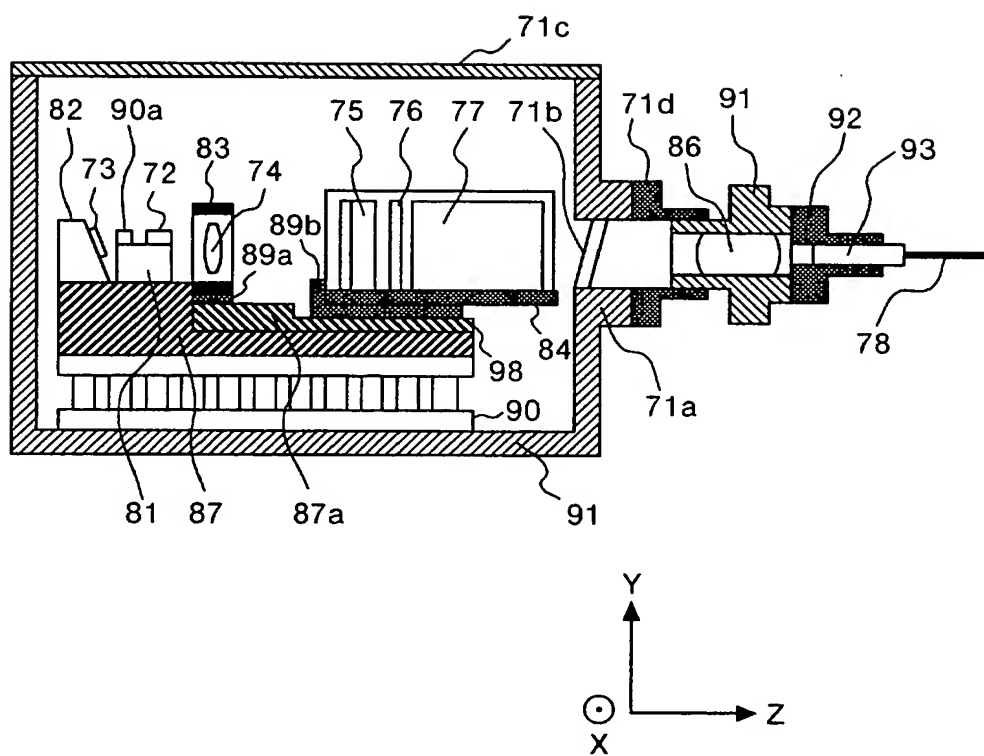
【図 18】



【図 19】



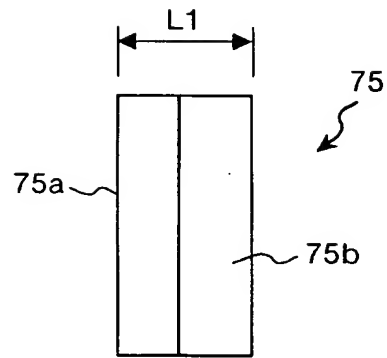
【図 20】



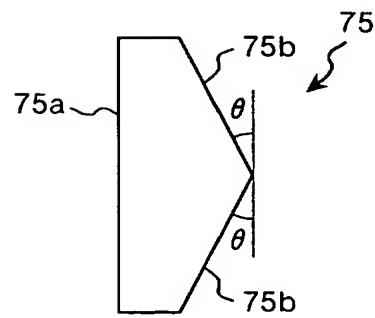




【図 22】

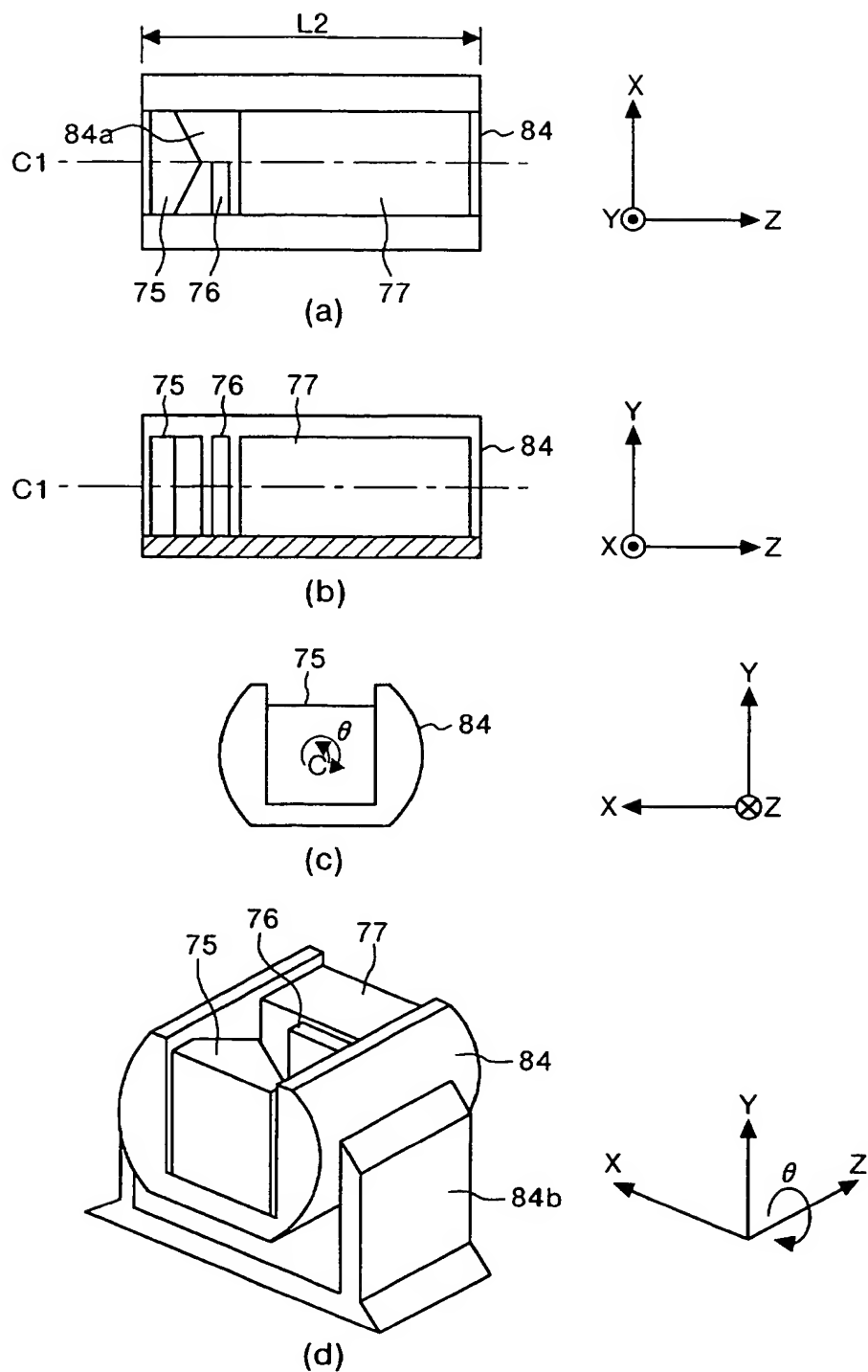


(a)

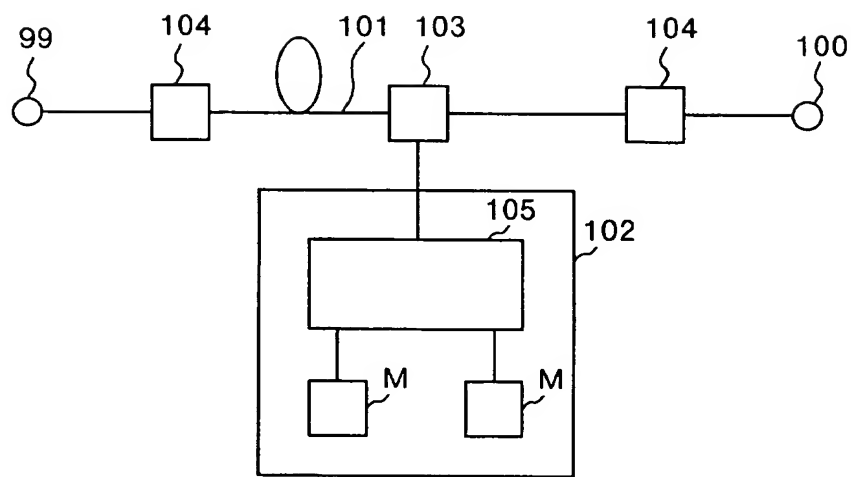


(b)

【図 23】

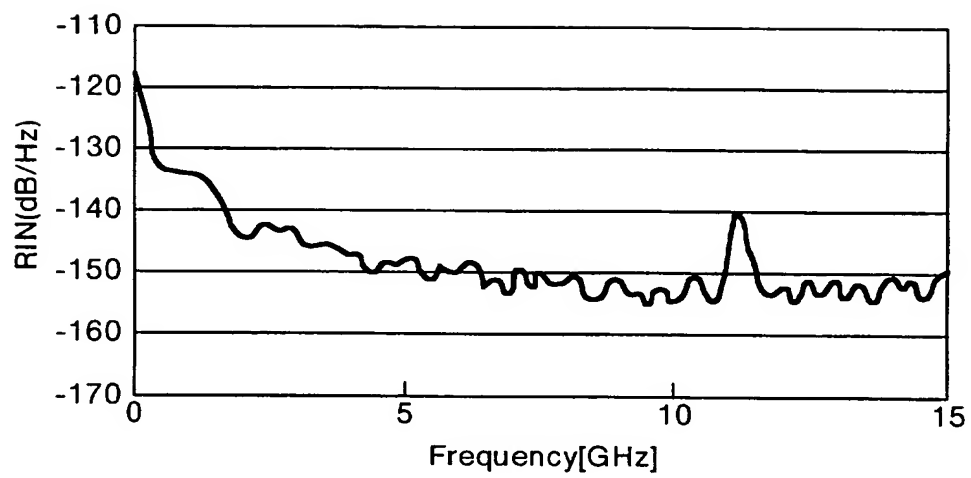


【図 24】





【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ラマン増幅器などの励起用光源に適し、小型でしかも製造が容易で、信号光の偏派方向に依存しない安定かつ高利得増幅を可能とする半導体レーザ装置、半導体レーザモジュールおよびこれを用いた光ファイバ増幅器を提供する。

【解決手段】 2つの活性層ストライプ構造を有する半導体レーザ装置において、一方のストライプ構造を含む側面断面を、 $n$ -InP基板1、 $n$ -InPクラッド層2、下部GRIN-SCH層3b、活性層4b、上部GRIN-SCH層5b、 $p$ -InPクラッド層6、 $p$ -InGaAsPコンタクト層7の順に積層した構造を有する。また、反射側端面には高反射膜12を配置し、出射側端面には低反射膜13を配置し、 $p$ -InGaAsPコンタクト層7の上部には一部のみに $p$ 側電極8bを配置して他の領域上には非電流注入領域14を形成する。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 1 1 2 6 4 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**